



## **TUGAS AKHIR – TI 141501**

**IMPLEMENTASI MANAJEMEN RISIKO PADA PROSES  
PRODUKSI DENGAN PENDEKATAN FUZZY-FMEA (STUDI  
KASUS : UNIT UREA PABRIK KALTIM-5, PT PUPUK  
KALIMANTAN TIMUR TBK)**

**DEDY UTAMA  
NRP 2511 100 061**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT – TI 141501**

**RISK MANAGEMENT IMPLEMENTATION FOR  
PRODUCTION PROCESS WITH FUZZY-FMEA APPROACH  
(CASE STUDY : KALTIM-5 PLANT UREA UNIT, PT PUPUK  
KALIMANTAN TIMUR TBK)**

**DEDY UTAMA  
NRP 2511 100 061**

**SUPERVISOR  
Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.**

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

**Implementasi Manajemen Risiko Pada Proses Produksi Dengan  
Pendekatan Fuzzy-FMEA (Studi Kasus : Unit Urea Pabrik  
Kaltim-5, PT Pupuk Kalimantan Timur Tbk)**

### **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Persyaratan Penyelesaian Studi Strata Satu**

**Jurusan Teknik Industri**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**Penulis :**

**DEDY UTAMA**

**NRP. 2511 100 061**

**Mengetahui/menyetujui,**

**Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. I Ketut Ganarta, M.T.**

**NIP. 196802181993031002**



# **IMPLEMENTASI MANAJEMEN RISIKO PADA PROSES PRODUKSI DENGAN PENDEKATAN FUZZY-FMEA (STUDI KASUS : UNIT UREA PABRIK KALTIM-5, PT PUPUK KALIMANTAN TIMUR TBK)**

Nama mahasiswa : Dedy Utama  
NRP : 2511100061  
Pembimbing : Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.

## **ABSTRAK**

Dalam rangka revitalisasi industri pupuk dan peningkatan daya saing global, PT Pupuk Kaltim membangun pabrik Kaltim-5 yang resmi beroperasi November 2015. Pabrik Kaltim-5 diharapkan dapat menunjang produksi urea untuk penjualan global serta urea bersubsidi untuk meningkatkan ketahanan pangan nasional. Sebagai salah satu aktivitas baru di PT Pupuk Kaltim, sesuai dengan kebijakan manajemen risiko perusahaan, perlu diidentifikasi risiko-risiko yang melekat pada unit urea Kaltim-5 agar *rate* produksi unit urea Kaltim-5 tidak terhambat. Untuk proses produksi, dapat dilakukan analisa risiko dengan metode FMEA. Namun, ambiguitas dan subjektifitas penilaian pada metode FMEA cukup tinggi. Dapat digunakan *Fuzzy-logic* untuk mengurangi ambiguitas dan subjektifitas dari penilaian metode FMEA.,

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan framework manajemen risiko ISO 31000. Diawali dengan *brainstorming* dengan pihak *expert* untuk mengidentifikasi risiko pada unit urea Kaltim-5. Setelah risiko diidentifikasi, dilakukan analisa risiko dengan FMEA untuk mendapatkan nilai *severity*, *occurence* dan *detection* yang akan di-fuzzifikasi dan diberikan bobot untuk mendapatkan nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN). Selanjutnya diberikan mitigasi risiko untuk risiko yang memiliki nilai FRPN tinggi dan berada pada kondisi *extreme risk* sesuai peta risiko.

**Kata kunci :** Risiko, Manajemen Risiko, FMEA, *Fuzzy-Logic*, Fuzzy-FMEA.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **RISK MANAGEMENT IMPLEMENTATION FOR PRODUCTION PROCESS WITH FUZZY-FMEA APPROACH (CASE STUDY : KALTIM-5 PLANT UREA UNIT, PT PUPUK KALIMANTAN TIMUR TBK)**

Name : Dedy Utama  
NRP : 2511100061  
Supervisor : Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T.

## **ABSTRACT**

In order to fertilizer industry revitalization and to increase global competitiveness, PT Pupuk Kaltim build for Kaltim-5, which was officially opened November 2015. Kaltim-5 is expected to support the production of urea for global sales and subsidized urea to improve national food security. As one of the new activity at PT Pupuk Kaltim, in accordance with the risk management policies of the company, need to be identified risks attached to the urea unit Kaltim-5 so the production rate of urea unit Kaltim-5 is not impeded. For the production process, to do risk analysis FMEA method can be used. However, ambiguity and subjectivity in FMEA method assesment is quite high. Fuzzy-logic can be used to reduce ambiguity and subjectivity of FMEA method assesment.

The research was done by using the risk management framework of ISO 31000. In starting with a brainstorming with the expert to identify risks to the urea unit Kaltim-5. Once risk is identified, FMEA is used to get the value of severity, occurence and detection that will be do fuzzification and assigned weights to get the value of Fuzzy Risk Priority Number (FRPN). Furthermore, given mitigating risk to risk that having high value FRPN and at extreme risk conditions appropriate risk maps.

**Keywords** : Risk, Risk Management, FMEA, *Fuzzy-Logic*, Fuzzy-FMEA.

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
1 BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.5.1 Batasan .....	4
1.5.2 Asumsi .....	5
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	5
2 BAB II .....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Risiko .....	7
2.2 Manajemen Risiko .....	10
2.3 Model Manajemen Risiko ISO 31000 .....	14
2.4 Brainstorming .....	15
2.5 Failure Modes Effect and Analysis (FMEA) .....	15
2.6 Fuzzy Logic .....	19
2.7 Risk Mapping .....	25
2.8 Mitigasi Risiko .....	25
2.9 Penelitian Terdahulu .....	26

3	BAB III.....	29
	METODOLOGI PENELITIAN .....	29
3.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	31
3.2	Penetapan Tujuan, Ruang Lingkup dan Kerangka Penelitian.....	31
3.3	Studi Literatur dan Studi lapangan .....	31
3.4	Identifikasi Proses Produksi .....	31
3.5	Identifikasi Risiko.....	31
3.6	Analisa Risiko .....	31
3.7	Evaluasi Risiko .....	32
3.8	Pemetaan Risiko .....	32
3.9	Mitigasi Risiko .....	32
3.10	Analisa dan Interpretasi Data.....	32
3.11	Kesimpulan dan Saran .....	32
4	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....	33
4.1	Profil Perusahaan .....	33
4.1.1	Lokasi Perusahaan .....	33
4.1.2	Visi, Misi, Budaya Perusahaan.....	34
4.1.3	Profil Unit Produksi.....	35
4.1.4	Manajemen Risiko Perusahaan.....	38
4.1.5	Profil Pabrik Kaltim-5.....	39
4.1.6	Proses Produksi Unit Urea Kaltim-5 .....	40
4.2	Identifikasi Risiko.....	47
4.3	Analisa Risiko .....	49
4.3.1	Penilaian nilai <i>Severity</i> , <i>Occurence</i> dan <i>Detection</i> .....	52
4.3.2	Agregasi Fuzzy Number Untuk <i>Severity</i> , <i>Occurence</i> dan <i>Detection</i> .....	53
4.3.3	Perhitungan Fuzzy Risk Priority Number (FRPN) .....	55
4.4	Evaluasi Risiko .....	57
4.4.1	Prioritas Risiko .....	57
4.4.2	Peta Risiko.....	58

4.5	Rekomendasi Mitigasi Risiko .....	61
5	BAB V .....	63
5.1	Analisa Risiko .....	63
5.2	Analisa Peta Risiko .....	64
5.3	Analisa Rekomendasi Mitigasi Risiko.....	65
6	BAB VI .....	67
6.1	Kesimpulan .....	67
6.2	Saran .....	68
	DAFTAR PUSTAKA .....	69
	Lampiran 1 .....	71
	Lampiran 2 .....	78
	Lampiran 3 .....	79
	Lampiran 4 .....	80
	BIODATA PENULIS .....	82

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skala nilai <i>Severity</i> .....	16
Tabel 2. 2 Skala nilai <i>Severity</i> (lanjutan) .....	17
Tabel 2. 3 Skala nilai <i>Occurence</i> .....	17
Tabel 2. 4 Skala nilai <i>Detection</i> .....	18
Tabel 2. 5 <i>fuzzy number</i> faktor <i>severity</i> .....	21
Tabel 2. 6 <i>fuzzy number</i> untuk faktor <i>occurrence</i> .....	22
Tabel 2. 7 <i>fuzzy number</i> untuk faktor <i>detection</i> .....	23
Tabel 2. 8 <i>fuzzy number</i> untuk bobot kepentingan <i>severity</i> , <i>occurrence</i> dan <i>detection</i> . ....	24
Tabel 2. 9 Penelitian sebelumnya .....	27
Tabel 4. 1 Kapasitas unit produksi PT Pupuk Kaltim.....	36
Tabel 4. 2 Hasil identifikasi risiko.....	47
Tabel 4. 3 Hasil identifikasi risiko (2) .....	48
Tabel 4. 4 Identifikasi risiko, <i>potential effect</i> , <i>risk cause</i> dan <i>current control</i> .....	49
Tabel 4. 5 Identifikasi risiko, <i>potential effect</i> , <i>risk cause</i> dan <i>current control</i> (2) .....	50
Tabel 4. 6 Identifikasi risiko, <i>potential effect</i> , <i>risk cause</i> dan <i>current control</i> (3) .....	51
Tabel 4. 7 Nilai <i>severity</i> , <i>occurrence</i> dan <i>detection</i> (1) .....	52
Tabel 4. 8 Nilai <i>severity</i> , <i>occurrence</i> dan <i>detection</i> (2) .....	53
Tabel 4. 9 Nilai fuzzy untuk <i>severity</i> , <i>occurrence</i> dan <i>detection</i> .....	54
Tabel 4. 10 Nilai fuzzy untuk <i>severity</i> , <i>occurrence</i> dan <i>detection</i> (2) .....	55
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Fuzzy Risk Priority Number (1) .....	55
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Risk Priority Number</i> (2).....	56
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Risk Priority Number</i> (3).....	57
Tabel 4. 14 Prioritas Risiko.....	58
Tabel 4. 15 Klasifikasi risiko berdasarkan peta risiko.....	59
Tabel 4. 16 Klasifikasi risiko berdasarkan peta risiko (2) .....	60
Tabel 4. 17 Rekomendasi mitigasi risiko.....	61
Tabel 4. 18 Rekomendasi mitigasi risiko (2) .....	62

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 bidang dan jumlah risiko operasional PT Pupuk Kaltim triwulan ke-IV tahun 2014 .....	2
Gambar 2. 1 Framework manajemen risiko ISO 31000 .....	10
Gambar 2. 3 Peta risiko .....	25
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> penelitian .....	29
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> penelitian ( lanjutan ) .....	30
Gambar 4. 1 Lokasi perusahaan.....	34
Gambar 4. 2 Unit Pabrik Kaltim-2 .....	36
Gambar 4. 3 Unit Pabrik Kaltim-3 .....	37
Gambar 4. 4 Unit Pabrik Kaltim-4 .....	37
Gambar 4. 5 Unit pabrik Kaltim-5.....	38
Gambar 4. 6 Struktur organisasi pabrik Kaltim-5 .....	39
Gambar 4. 7 Proses produksi urea Kaltim-5 .....	40
Gambar 4. 8 Keterkaitan antar proses atau peralatan. ....	46
Gambar 4. 9 Peta Risiko proses produksi unit urea Kaltim-5 .....	59
Gambar 5. 1 Peta risiko proses produksi unit urea Kaltim-5.....	65

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab pendahuluan, akan dibahas tentang latar belakang penelitian tugas akhir ini, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat serta sistematika penulisan laporan.

### **1.1 Latar Belakang**

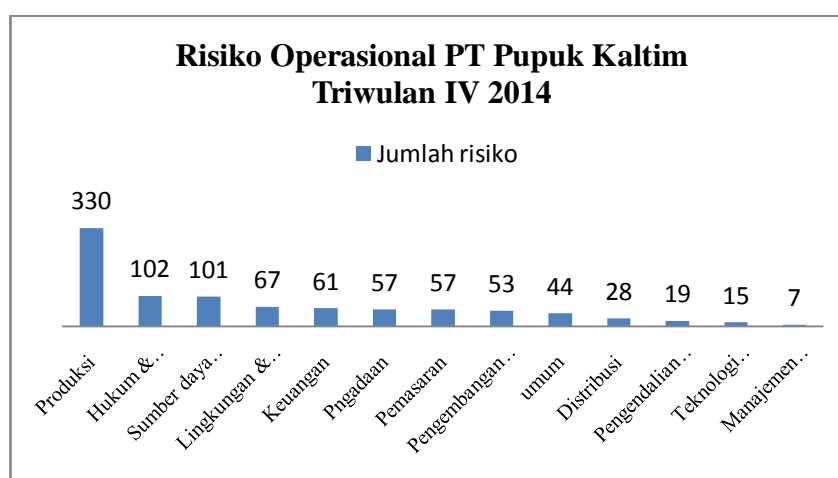
Dalam rangka revitalisasi industri pupuk serta peningkatan daya saing industri pupuk pada tingkat nasional, regional, maupun global Presiden Indonesia mengeluarkan Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 2 tahun 2010 tentang revitalisasi industri pupuk. Beberapa poin dalam instruksi tersebut adalah meningkatkan produksi pupuk an-organik, organik dan hayati, menggunakan teknologi yang ramah lingkungan, serta melakukan penghematan bahan baku dan energi. Sebagai salah satu industri pupuk di Indonesia, PT Pupuk Kalimantan Timur (Kaltim) juga menjadi objek program revitalisasi industri pupuk tersebut (Agung, 2010).

Salah satu poin dalam program revitalisasi industri adalah penggantian pabrik yang memiliki konsumsi gas 34 MMBTU per ton urea, dengan pabrik yang lebih hemat energi dan bahan bakunya, maka pabrik Kaltim-1 menjadi prioritas utama Pupuk Kaltim dalam program revitalisasi ini. Mengingat usia pabrik yang mencapai 25 tahun dan konsumsi energi yang sudah tidak efisien (*Annual report* PT Pupuk Kaltim 2014). Berdasarkan hal tersebut pada tahun 2011 mulai dibangun pabrik Kaltim-5 yang akan menggantikan pabrik Kaltim-1. Pabrik Kaltim-5 resmi beroperasi pada tanggal 19 November 2015.

Pasca konstruksi, pabrik urea Kaltim-5 beroperasi untuk menunjang produksi pupuk urea dari Pupuk Kaltim. Pupuk urea adalah produk utama dari Pupuk Kaltim bersama dengan ammonia. Dengan beroperasinya pabrik Kaltim-5 ini, kapasitas produksi pupuk urea meningkat dari 3 juta ton per tahun menjadi 3,4 juta ton per tahun. Diharapkan peningkatan kapasitas produksi ini juga dapat meningkatkan pendapatan perusahaan. Penjualan pupuk urea masih menjadi

penyumbang laba terbesar dari perusahaan dengan menyumbangkan 65% dari total pendapatan pada tahun 2014. Selain itu, peningkatan kapasitas produksi juga diharapkan membantu ketahanan pangan nasional. Kontribusi perusahaan dalam membantu ketahanan pangan diwujudkan dengan distribusi pupuk urea bersubsidi, sesuai penugasan Pupuk Indonesia *Holding Company* sebagai induk perusahaan yang berdasarkan peraturan Menteri Pertanian no.122 tentang kebutuhan pupuk dan harga eceran tertinggi. Pada tahun 2014, Pupuk Kaltim mendistribusikan pupuk urea bersubsidi sebesar 1,52 juta ton atau 96% dari 1,59 juta ton yang ditugaskan. (*annual report* PT Pupuk Kaltim, 2014). Dengan mulai beroperasinya pabrik urea Kaltim-5, sesuai dengan kebijakan manajemen risiko Pupuk Kaltim (2013), perlu dilakukan identifikasi mengenai risiko-risiko yang melekat pada operasional unit urea Kaltim-5 sebagai salah satu aktivitas baru di perusahaan agar *rate* produksi unit urea Kaltim-5 tidak terhambat.

Risiko adalah suatu ketidakpastian yang bisa dikuantitaskan yang dapat menyebabkan kerugian atau kehilangan (Djohanputro, 2008). Pupuk Kaltim sendiri sudah menerapkan manajemen risiko berbasis ISO 31000 atau SNI ISO 31000 untuk mengelola risiko. Risiko dikelola pada tingkat strategis maupun tingkat operasional. Contoh risiko operasional pada PT Pupuk Kaltim adalah pada bidang produksi, lingkungan dan K3, umum, dll. Berikut adalah contoh bidang operasional Pupuk Kaltim serta jumlah risiko yang dapat diidentifikasi pada triwulan IV tahun 2014.



Gambar 1.1 bidang dan jumlah risiko operasional PT Pupuk Kaltim triwulan ke-IV tahun 2014

Sumber : *Annual report* PT Pupuk Kaltim 2014

Berdasarkan grafik yang tergambar di atas, bidang produksi merupakan bidang yang memiliki risiko paling banyak dengan jumlah 330 risiko yang teridentifikasi. Risiko pada bidang produksi sendiri berkaitan dengan proses produksi dari masing-masing unit kerja. Salah satu risiko pada proses produksi adalah *unschedule shutdown* di mana proses produksi pada pabrik terhenti dikarenakan kerusakan pada peralatan. *Unschedule shutdown* sendiri menyebabkan hilangnya hari dan produksi yang dapat merugikan perusahaan. Pabrik urea Kaltim-5 sebagai unit produksi urea yang memiliki kapasitas produksi paling tinggi di PT Pupuk Kaltim perlu menghindari terjadinya risiko tersebut. Diperlukan manajemen risiko yang baik, untuk mengidentifikasi, menganalisis risiko yang berpotensi timbul serta tindakan mitigasi risiko untuk mengurangi dampak dari risiko yang ada.

Terdapat banyak metode untuk mengidentifikasi risiko dan menganalisis risiko pada ISO 31000. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis risiko adalah FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*). FMEA mengidentifikasi semua *failure modes*, efek dari *failure* terhadap sistem, bagaimana menghindari *failure* dan mitigasi apabila terjadi *failure* (ISO 31010, 2009). Metode ini dapat diaplikasikan untuk mengidentifikasi dan menganalisis risiko pada proses produksi pabrik urea Kaltim-5. Namun, dalam FMEA, penilaian faktor-faktor *failure mode* yaitu faktor *severity* (S), faktor *occurrence* (O) dan faktor *detection* (D) yang diterapkan dalam *natural language* akan menghasilkan informasi yang tidak tepat (*ambiguous*) dan bersifat samar (*vague*) (Yeh and Hsieh, 2007). Untuk mengurangi ambiguitas dan subjektivitas dalam penilaian faktor-faktor *failure mode* dapat digunakan *fuzzy logic*. Penggunaan teori *fuzzy* memberi fleksibilitas untuk menampung ketidakpastian akibat samarnya informasi yang dimiliki maupun unsur preferensi yang subjektif yang digunakan dalam penilaian terhadap mode kegagalan yang terjadi (Basjir et al., 2011).

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan identifikasi risiko dan analisis dengan menggunakan metode Fuzzy-FMEA. Di mana teori Fuzzy membantu mengurangi subjektivitas dalam penilaian risiko dan penetapan risiko.

Setelah dilakukan identifikasi dan analisa, dilakukan pembuatan *risk mapping* dan langkah mitigasi untuk meminimalisasi terjadinya dampak risiko dalam pada proses produksi Kaltim-5. Sehingga dengan adanya output tersebut, perusahaan diharapkan dapat meminimalisir akan adanya risiko yang terjadi pada unit pabrik Kaltim-5 serta menerapkan manajemen risiko untuk memenuhi kriteria *Good Corporate Governance* yang diusung perusahaan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari identifikasi permasalahan yang telah dilakukan, didapatkan permasalahan yang ingin diselesaikan pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana mengidentifikasi, menganalisis dan menyusun rencana mitigasi risiko proses produksi untuk pabrik urea Kaltim-5 serta meminimalkan ambiguitas dan subjektifitas pada proses analisa risiko.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi risiko yang ada untuk proses produksi pabrik urea Kaltim-5.
2. Menganalisis risiko proses produksi pabrik urea Kaltim-5.
3. Menyusun rencana mitigasi risiko dari analisis risiko yang didapatkan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan dapat mengetahui risiko-risiko yang berpotensi timbul pada proses produksi pabrik urea Kaltim-5.
2. Perusahaan dapat mengetahui tingkat kepentingan risiko.
3. Perusahaan dapat menyusun langkah-langkah yang diambil jika risiko yang teridentifikasi terjadi.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Pada penelitian ini, terdapat batasan dan asumsi yang dipakai dalam menyusun tugas akhir ini sebagai berikut :

### **1.5.1 Batasan**

Batasan yang terdapat pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Identifikasi risiko dilakukan pada proses produksi pabrik urea Kaltim-5.
2. Fokus objek penelitian ini adalah peralatan pada proses produksi.
3. Model manajemen risiko yang dipakai adalah ISO 31000.

#### **1.5.2 Asumsi**

Asumsi yang dipakai pada penelitian ini adalah :

1. Tidak ada perubahan visi & misi perusahaan.
2. Tidak ada perubahan RJP (Rencana Jangka Panjang) dan RKAP (rencana kerja anggaran perusahaan).
3. Tidak ada perubahan KPI perusahaan dan KPI unit kerja.
4. Tidak ada perubahan kebijakan manajemen risiko perusahaan.

#### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika penulisan berisi tahap-tahap yang dilakukan untuk membuat laporan tugas akhir ini. Berikut penjelasannya :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang dari penelitian, rumusan dari permasalahan, manfaat penelitian, ruang lingkup dari penelitian serta sistematika penulisan laporan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi dasar-dasar teori yang berhubungan dengan tema dari penelitian. Serta diberikan juga penelitian-penelitian yang telah dilakukan yang berhubungan dengan topik penelitian.

#### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi metodologi penelitian yaitu tahapan-tahapan serta proses yang dipakai dalam melakukan penelitian, agar penelitian berjalan terarah dan sistematis.

#### **BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini berisi pengumpulan data yang diambil dari objek penelitian. dilakukan juga pengolahan data dari data yang telah didapatkan untuk diinterpretasi dan dianalisis hasilnya kemudian.

## **BAB V : ANALISIS EVALUASI DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi pembahasan secara detail dari data yang telah didapatkan dan diolah pada bab IV.

## **BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang diberikan untuk perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan teori dan konsep yang dijadikan dasar untuk penyelesaian permasalahan pada penelitian tugas akhir ini seperti teori mengenai risiko, manajemen risiko, ISO 31000, fault Tree Analysis, FMEA, Fuzzy Logic, Risk Mapping dan mitigas risiko.

#### **2.1 Risiko**

Risiko secara umum adalah adalah suatu ketidakpastian yang bisa dikuantitaskan yang dapat menyebabkan kerugian atau kehilangan (Djohanputro, 2008). Sedangkan (ISO, 2009a) mendefinisikan risiko sebagai pengaruh dari sebuah ketidak pastian terhadap tujuan. Pengaruh disini diartikan sebagai deviasi dari tujuan yang diharapkan. Tujuan sendiri dapat dilihat dari berbagai macam aspek (tujuan finansial, kesehatan dan keselamatan, lingkungan) dan dapat diterapkan pada berbagai level yang berbeda (strategi, organisasi, proyek, produk dan proses). Risiko juga sering digambarkan dengan mengacu pada *potential events* dan *consequences* atau kombinasi dari keduanya. Risiko sering dinyatakan dalam kombinasi *consequences* dari suatu *event* (termasuk perubahan keadaan) dan *likelihood* terkait kejadian .

(Chapman, 2011) mengklasifikasikan sumber risiko berasal dari internal dan eksternal atau juga bisa disebut risiko mikro atau makro. Berikut adalah sumber risiko dari internal dan eksternal :

##### **a. Risiko Internal atau Mikro**

Risiko internal atau mikro adalah risiko yang dihasilkan oleh tingkat internal dan berpengaruh terhadap ruang lingkup sebuah perusahaan. Risiko internal terdiri dari :

###### *1. Financial Risk*

*Financial Risk* adalah paparan efek samping yang mengikis profitabilitas dan dalam keadaan ekstrim dapat membawa kehancuran sebuah bisnis. Hal ini dapat mencakup kegagalan sistem keuangan, ketidaksesuaian peraturan atau masalah kepatuhan, serta sistem hutang yang buruk, perubahan nilai tukar yang merugikan, ketergantungan pada pemasok

tunggal , hilangnya pelanggan kunci, hilangnya investasi luar negeri dan keputusan *hedging* yang buruk. Selain itu, *financial risk* juga dapat mencakup keputusan investasi yang buruk menyangkut pabrik, mesin dan bangunan

## 2. *Operational Risk*

Operational risk adalah potensi kerugian yang diakibatkan oleh kegagalan sumber daya manusia, proses, teknologi dan depedensi eksternal. Cakupan dari operational risk sendiri terdiri dari *business risk*, *crime risk*, *disaster risk*, *information technology risk*, *legal risk*, *regulatory risk*, *reputational risk*, *system risk loss* dan *outsourcing*.

## 3. *Technological Risk*

*Technological risk* dapat didefinisikan sebagai peristiwa yang akan menyebabkan ketidakcukupan investasi, investasi yang tidak tepat atau manajemen investasi yang salah dalam hal teknologi, pada proses manufaktur, desain produk dan atau manajemen informasi .

## 4. *Project Risk*

*Project risk* adalah kemungkinan peristiwa baik positif maupun negatif yang dapat mempengaruhi tujuan dari proyek. Pada level proyek, risiko terintegrasi dengan manajemen proyek dan biasa disebut *project risk management*.

## 5. *Ethical Risk*

*Ethical risk* adalah risiko yang mengacu pada peristiwa yang menyebabkan tuntutan pidana, tuntutan hukum sipil, dan penurunan reputasi perusahaan.

## 6. *Health and Safety Risk*

*Health and safety risk* adalah risiko kemungkinan terjadinya peristiwa yang menyebabkan cedera, sakit atau kematian dari karyawan.



## **b. Risiko Eksternal atau Makro**

Risiko eksternal atau makro terdiri dari :

### *1. Economic Risk*

*Economic risk* adalah risiko yang terpengaruh dari keadaan makroekonomi nasional pada kinerja sebuah bisnis.

### *2. Environmental Risk*

*Environmental risk* adalah pengurangan keuntungan sebagai akibat dari paparan pembatasan harga, pembatasan operasi, kewajiban investasi atau denda akibat dari penuntutan karena pelanggaran peraturan. Lingkup dari risiko ini biasanya berasal dari peraturan yang berhubungan dengan lingkungan seperti pemakaian energi.

### *3. Legal Risk*

*Legal risk* adalah Risiko hukum untuk bisnis dapat didefinisikan sebagai risiko gagal dalam beroperasi sesuai hukum, menyadari kewajiban hukum , menghormati komitmen kontrak, memberi kompensasi sesuai dengan perjanjian, dapat menunjukkan bukti bahwa beroperasi sesuai hukum, atau mengenali dan secara efektif mengelola ancaman hukum yang ada.

### *4. Political Risk*

*Political risk* adalah ketidakpastian yang berasal dari keseluruhan atau sebagian, dari pelaksanaan kekuasaan pemerintahan dan tindakan kelompok non-pemerintah.

### *5. Market Risk*

*Market risk* adalah paparan potensi kerugian yang timbul dari akibat penurunan penjualan atau margin akibat perubahan kondisi pasar ,yang berada di luar kendali bisnis .

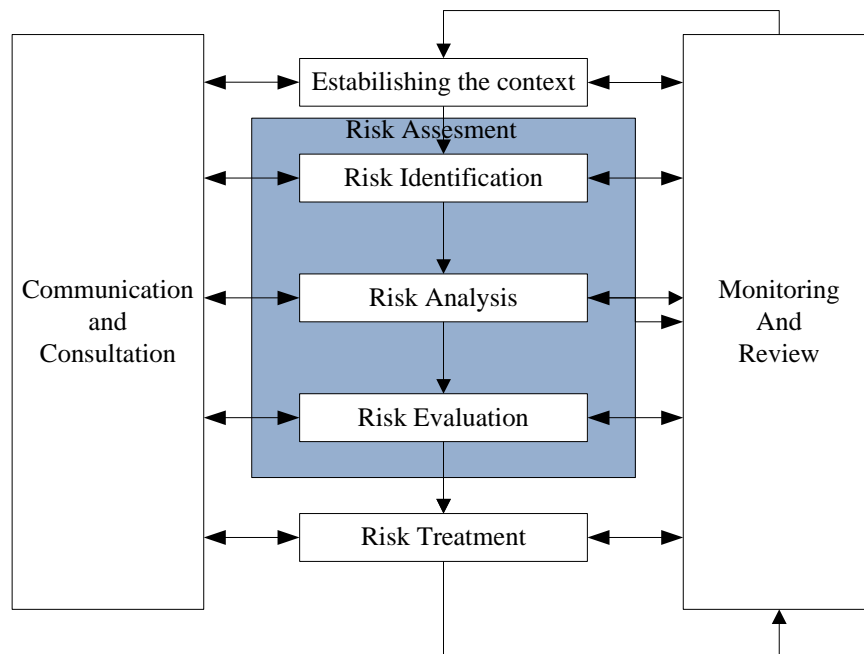
### *6. Social Risk*

*Social risk* adalah risiko yang berasal dari perubahan masyarakat , yang membuat perubahan dalam hal permintaan, peluang terbukanya pasar baru atau respon sebuah bisnis untuk berubah, sebagai konsekuensi dari perubahan karakteristik tenaga kerja.

## 2.2 Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah aktivitas yang terkoordinasi untuk mengarahkan dan mengendalikan sebuah organisasi dalam menangani risiko (ISO, 2009a)

Berikut adalah tahapan proses manajemen risiko sesuai dengan ISO 31000 :



Gambar 2. 1 Framework manajemen risiko ISO 31000  
Sumber : (ISO, 2009a)

### 1) *Communication and Consultation*

Komunikasi dan konsultasi dengan semua stakeholder, baik internal maupun eksternal harus dilakukan pada setiap proses manajemen risiko. Perlu dibuat perencanaan komunikasi dan konsultasi pada tahap awal manajemen risiko terkait dengan risiko itu sendiri, penyebab dari risiko, konsekuensi, dan pengukuran yang dipakai dalam menangani risiko. Komunikasi dan konsultasi sangat penting untuk mengetahui risiko keseluruhan sesuai dengan persepsi stakeholder terkait.

### 2) *Estabilishing the context*

Pada tahap ini dilakukan penetapan konteks untuk mendefinisikan tujuan, parameter risiko internal dan eksternal yang akan

diperhitungkan ketika mengelola risiko, menentukan ruang lingkup risiko, dan kriteria risiko.

### **3) *Risk Assessment***

Tahap ini adalah tahapan inti dari manajemen risiko. Terdapat tiga tahap proses yang dilakukan yaitu *risk identification*, *risk analysis* dan *risk evaluation*.

#### **3.1 *Risk Identification***

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi risiko berdasarkan sumber dari risiko, area yang terkena dampak risiko, penyebabnya serta potensi akibat risiko yang akan terjadi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghasilkan daftar lengkap risiko berdasarkan peristiwa-peristiwa yang mungkin terjadi dan berhubungan dengan pencapaian tujuan.

Dalam melakukan identifikasi risiko, dapat dipakai berbagai macam tools yang sesuai dengan kemampuan, sasaran dan jenis risiko yang dihadapi. Berikut adalah beberapa contoh metode dan teknik yang dapat digunakan pada tahap identifikasi risiko :

##### **1) *Structured Interview and Brainstorming***

Metode ini dilakukan dengan mengumpulkan ide-ide dan bermacam evaluasi yang berasal dari berbagai macam sumber dan kemudian diperingkatkan oleh sebuah tim. Brainstorming dapat dilakukan dengan teknik interview *one-on-one* atau *one-one-many*.

##### **2) *Delphi Technique***

Metode yang menggabungkan pendapat dari pakar ahli untuk mendukung sumber dan pengaruh identifikasi risiko.

##### **3) *Check-lists***

Form sederhana untuk mengidentifikasi risiko. Sebuah teknik yang menghasilkan daftar ketidakpastian yang harus diperhatikan.

4) *Failure and mode effect analysis* (FMEA)

Sebuah teknik yang mengidentifikasi mode, mekanisme kegagalan beserta efek yang ditimbulkan. FMEA dapat diaplikasikan untuk menganalisa produk, sistem dan proses.

5) *Hazard and Operability Studies* (HAZOP)

Sebuah proses untuk identifikasi risiko dengan cara mencari deviasi dari performa yang diharapkan atau seharusnya.

Selain metode-metode yang telah disebutkan, juga terdapat metode lain untuk mengidentifikasi risiko yaitu *cause-and-effect analysis*, SWIFT, *human reliability analysis*, dan sebagainya. Yang telah diatur pada ISO 31010 sesuai dengan sasaran, kemampuan dan jenis risiko.

### 3.2 Risk Analysis

Pada tahap ini dilakukan analisa risiko yang telah diidentifikasi pada tahap identifikasi risiko. Hasil dari analisis risiko pada tahap ini akan menjadi input untuk proses evaluasi risiko serta menunjang keputusan bagaimana menangani risiko dengan metode dan strategi yang tepat.

Proses analisis risiko terdiri dari menentukan *consequences* dan probabilitas terjadinya risiko dengan mempertimbangkan keberadaan (atau tidak) dan efektivitas kontrol yang ada. *Consequences* dan probabilitas kemudian dikombinasikan untuk mendapatkan tingkat dari risiko.

Dalam menganalisa risiko, terdapat tiga metode yang bisa digunakan. Pemilihan metode disesuaikan dengan lingkup penerapan, ketersediaan data dan kebutuhan sebuah organisasi dalam pengambilan keputusan. Berikut adalah tiga metode yang dapat digunakan untuk menganalisis risiko :

a. Metode Kualitatif

Metode kualitatif mendefinisikan *consequences*, probabilitas, dan tingkat risiko dengan tingkat signifikansi seperti “*High*”,

“Medium” dan “Low”. *Consequences* dan probabilitas dikombinasikan yang menghasilkan tingkat risiko dan kemudian dibandingkan dengan kriteria kualitatif.

b. Metode semi-kuantitatif

Metode semi-kuantitatif menggunakan skala numerik untuk *consequences* dan probabilitas untuk yang kemudian dikombinasikan untuk menghasilkan tingkat risiko. Skala yang digunakan dapat berbentuk linear atau algoritma. Formula yang digunakan bisa bervariasi.

c. Metode Kuantitatif

Metode kuantitatif mengestimasi nilai praktis dari *consequences* dan probabilitas. Yang mana menghasilkan tingkat risiko dalam unit spesifik yang telah ditentukan pada saat penentuan konteks. Analisa kuantitatif secara keseluruhan sulit untuk dilakukan karena informasi yang tidak memadai tentang sistem atau kegiatan yang berlaku, kurangnya data, pengaruh faktor manusia, dll. Atau dikarenakan, analisa kualitatif sudah cukup dan analisa kuantitatif tidak dibutuhkan.

### **3.3 Risk Evaluation**

Evaluasi risiko bertujuan untuk membantu membuat keputusan terkait penanganan risiko yang didapatkan berdasarkan hasil analisis risiko. Risiko mana yang perlu ditangani, serta prioritas risiko mana yang perlu didahulukan untuk ditangani.

#### **4) Risk Treatment**

Pada tahap ini, dilakukan penentuan langkah yang diambil untuk risiko yang telah dievaluasi pada tahap sebelumnya. Berikut adalah pilihan langkah yang dapat diambil :

- a. Menghindari risiko dengan mengambil keputusan untuk tidak memulai atau melanjutkan aktivitas yang dapat menghasilkan risiko.
- b. Mengambil atau meningkatkan risiko untuk mengejar *opportunity* yang mungkin didapatkan.

- c. Menghilangkan sumber risiko.
- d. Mengubah *likelihood*.
- e. Mengubah *consequences*.
- f. Berbagi risiko dengan pihak lain.
- g. Mempertahankan risiko.

#### 5) ***Monitoring and review***

Diperlukan *monitoring* dan *review* pada tiap proses manajemen risiko untuk memastikan bahwa proses yang dilakukan sudah sesuai. Selain itu untuk memonitor jika terdapat perubahan-perubahan dari internal maupun eksternal sebagai tambahan informasi untuk perubahan risiko atau penambahan risiko.

### 2.3 **Model Manajemen Risiko ISO 31000**

ISO adalah sebuah organisasi internasional non pemerintahan yang bersifat independen dan memiliki 162 anggota dari berbagai negara. ISO mengeluarkan berbagai standard terkait dengan spesifikasi produk, sistem untuk menjamin kualitas, keamanan dan efisiensi (iso.org).

Salah satu standard yang dikeluarkan oleh ISO adalah standard tentang manajemen risiko. ISO mengeluarkan ISO 31000 sebagai standard untuk manajemen risiko yang dapat diterapkan di berbagai organisasi, berbagai area dan level, untuk segala waktu, serta untuk fungsi yang spesifik, proyek dan aktivitas. Berikut adalah prinsip-prinsip yang harus dipatuhi untuk penerapan ISO 31000 yang efektif (ISO,2009) :

- 1) Manajemen risiko menciptakan dan menjaga nilai
- 2) Manajemen risiko merupakan bagian yang terintegrasi dengan seluruh proses di sebuah organisasi
- 3) Manajemen risiko adalah bagian dari pengambilan keputusan
- 4) Manajemen risiko secara eksplisit memperhitungkan ketidakpastian
- 5) Manajemen risiko dibangun secara sistematis, terstruktur dan tepat waktu
- 6) Manajemen risiko membutuhkan informasi yang memadai
- 7) Manajemen risiko dapat disesuaikan
- 8) Manajemen risiko memperhatikan faktor manusia dan budaya
- 9) Manajemen risiko bersifat transparan dan inklusif

- 10) Manajemen risiko bersifat dinamis, berulang dan responsif terhadap perubahan
- 11) Manajemen risiko dapat memfasilitasi pengembangan berkelanjutan sebuah organisasi

Objek dari penelitian ini, PT Pupuk Kaltim memakai SNI ISO 31000, yang merupakan adaptasi dari ISO 31000 sebagai model manajemen risiko perusahaan. *Framework* dan proses manajemen risiko ISO 31000, sudah dijelaskan sebelumnya pada sub-bab 2.2.

## **2.4 Brainstorming**

Brainstorming melibatkan merangsang dan mendorong percakapan mengalir bebas di antara sekelompok orang berpengetahuan untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan bahaya yang terkait, risiko, kriteria untuk keputusan dan/atau pilihan untuk pengambilan tindakan (ISO, 2009b).

*Brainstorming* dapat digunakan bersama dengan metode penilaian risiko lain atau berdiri sendiri sebagai sebuah teknik untuk mendorong pemikiran imajinatif pada setiap tahap proses manajemen risiko dan setiap tahap siklus hidup sistem. *Brainstorming* dapat digunakan untuk diskusi tingkat tinggi di mana masalah diidentifikasi, untuk diperiksa lebih detail atau level yang lebih rinci untuk masalah tertentu. *Brainstorming* menekankan pada imajinasi. Oleh karena itu sangat berguna ketika mengidentifikasi risiko untuk teknologi baru, di mana tidak ada data atau di mana solusi baru untuk masalah diperlukan

Output tergantung pada tahap proses manajemen risiko di mana brainstorming diterapkan, misalnya pada tahap identifikasi, output yang dihasilkan dapat berupa list risiko dan *current control*.

## **2.5 Failure Modes Effect and Analysis (FMEA)**

FMEA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana komponen, sistem atau proses dapat gagal untuk memenuhi tujuan awal desain. FMEA mengidentifikasi semua *failure modes*, efek dari *failure* terhadap sistem, bagaimana menghindari *failure* dan mitigasi apabila terjadi *failure* (ISO, 2009b)

*Failure mode* adalah cara dari sebuah produk atau proses dapat gagal mencapai tujuannya. Setiap *failure mode* memiliki efek potensial yang melekat. Efek ini sendiri memiliki risiko yang melekat pada setiap efek potensialnya. Dalam melakukan assesmen risiko dengan FMEA, risiko relatif dari *failure* dan efeknya ditentukan oleh tiga faktor yaitu :

1. *Severity*

*Severity* adalah konsekuensi jika *failure* terjadi.

2. *Occurence*

*Occurence* adalah probabilitas atau frekuensi terjadinya *failure*.

3. *Detection*

*Detection* adalah probabilitas *failure* dapat dideteksi sebelum dampak dari efek terjadi.

Untuk mengukur nilai masing-masing faktor *severity*, *occurence* dan *detection*, digunakan skala yang bernilai 1-10 sesuai dengan kondisi dari *failure modes* tersebut. Skala nilai juga dapat bernilai 1-5 sesuai dengan kebutuhan. Berikut adalah contoh skala nilai untuk *Severity*, *Occurence* dan *Detection* menurut (Wang et al., 2009) :

Tabel 2. 1 Skala nilai *Severity*

Rating	Severity Effect
10	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi system safety tanpa peringatan.
9	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi system safety dengan peringatan.
8	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan keselamatan.
7	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan peralatan.
6	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil.

Sumber : (Wang et al., 2009)



Tabel 2. 2 Skala nilai *Severity* (lanjutan)

Rating	Severity Effect
6	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil.
5	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa kerusakan.
4	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami penurunan secara signifikan.
3	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan.
2	Sistem dapat beroperasi dengan sedikit gangguan.
1	Tidak ada pengaruh.

Sumber : (Wang et al., 2009)

Tabel 2. 3 Skala nilai *Occurence*

Rating	Probabilitas Kegagalan
10	>1 dalam 2
9	1 dalam 3
8	1 dalam 8
7	1 dalam 20
6	1 dalam 80
5	1 dalam 400
4	1 dalam 2000
3	1 dalam 15000
2	1 dalam 150000
1	< 1 dalam 150000

Sumber : (Wang et al., 2009)

Tabel 2. 4 Skala nilai *Detection*

Rating	Kemampuan deteksi oleh alat pengontrol
10	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
9	Sangat kecil kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
8	Kecil kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
7	Sangat rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
6	Rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
5	Sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
4	Sangat sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
3	Tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
2	Sangat tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
1	Hampir pasti kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.

Sumber : ( Wang et al., 2009)

Setelah diketahui nilai dari masing-masing faktor, dicari nilai dari *risk priority number*. *Risk priority number* (RPN) digunakan untuk menentukan peringkat kebutuhan untuk tindakan perbaikan untuk menghilangkan atau mengurangi *failure modes* potensial (McDermott et al., 2008). Berikut adalah persamaan untuk RPN :

$$\text{Risk Priority Number} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

*Failure mode* dengan nilai RPN tertinggi, harus didahulukan untuk tindakan perbaikannya. Namun terdapat pengecualian jika terdapat *failure modes* yang memiliki nilai *severity* tinggi (9 atau 10). *Failure mode* dengan nilai *severity* tinggi harus didahulukan dengan mengabaikan nilai RPN-nya.

## 2.6 Fuzzy Logic

Logika *fuzzy* merupakan salah satu metode untuk melakukan analisa sistem yang mengandung ketidakpastian. Berikut adalah alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy* antara lain (Kusumadewi and Purnomo, 2004) :

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi non linier yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$  yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan yaitu:

- 6) Satu(1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau

- 7) Nol(0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan

Pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya terdapat dua nilai yaitu 0 dan 1. Sedangkan pada himpunan *fuzzy*, nilai keanggotaan terdapat pada rentang 0 sampai 1. Himpunan variabel Fuzzy memiliki dua buah atribut yaitu linguistik dan variabel. Pada penelitian ini dipakai variabel linguistik yaitu penamaan suatu grup yang mewakili keadaan tertentu.

Keadaan yang dimaksud pada penelitian ini adalah faktor kritikal pada analisa FMEA yaitu *Occurence*, *Severity* dan *Detection*. Masing-masing faktor akan dikonversikan ke dalam lima skala linguistik yaitu *Very Low*, *Low*, *Moderate*, *High* dan *Very High* untuk menilai bobot masing-masing faktor.

Dalam penilaian untuk tiap faktor *failure mode* pada FMEA dengan bantuan *Fuzzy Logic*, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tentukan *Fuzzy Number* untuk *Occurence*, *Severity* dan *Detection*

*Fuzzy number* ditentukan oleh expert, sesuai dengan objektivitas berdasarkan aspek yang dirasa penting. Berikut adalah contoh penentuan *fuzzy number* :

#### 1.1 *Fuzzy Number* faktor *severity*

Untuk *Fuzzy number* faktor *severity*, digunakan *triangular fuzzy number* dengan skala nilai 1-5 dan *severity effect* berdasarkan skala nilai yang dipakai pada metode FMEA. Terdapat kriteria linguistik sebagai substitusi skala nilai dengan yang paling rendah adalah sangat ringan, ringan, sedang, berat dan Extreme. Berikut adalah contoh *fuzzy number* untuk faktor *severity*.

Tabel 2. 5 *fuzzy number* faktor *severity*

Rating	Kriteria	Severity Effect	Fuzzy number
5	Extreme	Pabrik shutdown dengan kerusakan yang memerlukan perbaikan lebih dari 5 hari	4 ; 5; 5
4	Berat	Pabrik shutdown dengan kerusakan yang harus diperbaiki sampai dengan 5 hari	3 ; 4 ; 5
3	Sedang	Pabrik beroperasi tidak normal dan perlu perbaikan dengan menurunkan rate produksi turun	2 ; 3 ; 4
2	Ringan	Pabrik beroperasi normal dengan gangguan yang menyebabkan perbaikan di tempat	1 ; 2 ; 3
1	Sangat ringan	Pabrik beroperasi normal dengan kondisi gangguan tidak berarti	1 ; 1 ; 2

### 1.2 *Fuzzy number* faktor *occurance*

Untuk *Fuzzy number* faktor *occurance*, digunakan *triangular fuzzy number* dengan skala nilai 1-5 dan *probabilitas* berdasarkan skala nilai yang dipakai pada metode FMEA. Terdapat kriteria linguistik sebagai substitusi skala nilai dengan yang paling rendah adalah sangat kecil, kecil, sedang, besar dan sangat besar. Berikut adalah contoh *fuzzy number* untuk faktor *occurance*.

Tabel 2. 6 *fuzzy number* untuk faktor *occurance*

Rating	Kriteria	Probabilitas kejadian	Fuzzy number
5	Sangat besar	Hampir pasti terjadi	4 ; 5; 5
4	Besar	Besar kemungkinan terjadi	3 ; 4 ; 5
3	Sedang	Dapat terjadi, dapat juga tidak. 50:50	2 ; 3 ; 4
2	Kecil	Kemungkinan kecil terjadi	1 ; 2 ; 3
1	Sangat Kecil	Hampir tidak mungkin terjadi	1 ; 1 ; 2

### 1.3 *Fuzzy number* faktor *detection*

Untuk *Fuzzy number* faktor *detection*, digunakan *triangular fuzzy number* dengan skala nilai 1-5 dan kemampuan deteksi alat pengontrol berdasarkan skala nilai yang dipakai pada metode FMEA. Terdapat kriteria linguistik sebagai substitusi skala nilai dengan yang paling rendah adalah hampir pasti, pasti, sedang, rendah dan hampir tidak pasti. Berikut adalah contoh *fuzzy number* untuk faktor *detection*.

Tabel 2. 7 *fuzzy number* untuk faktor *detection*

Rating	Kriteria	Kemampuan deteksi oleh alat pengontrol	Fuzzy number
5	Hampir tidak pasti	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.	4 ; 5; 5
4	Rendah	Rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.	3 ; 4 ; 5
3	Sedang	Sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.	2 ; 3 ; 4
2	Tinggi	Tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.	1 ; 2 ; 3
1	Hampir pasti	Hampir pasti kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.	1 ; 1 ; 2

#### 1.4 *Fuzzy number* untuk bobot kepentingan *severity*, *occurence* dan *detection*

Terdapat bobot untuk masing-masing faktor dengan menggunakan skala nilai 0-1 serta terdapat skala linguistik dengan yang paling rendah *very low*, *low*, *medium*, *high*, dan *very high*. berikut adalah contoh *fuzzy number* untuk bobot kepentingan faktor *severity*, *occurence* dan *detection*.

Tabel 2. 8 *fuzzy number* untuk bobot kepentingan *severity*, *occurence* dan *detection*.

Skala linguistik	Fuzzy number		
Very low	0	0	0.25
Low	0	0.25	0.5
Medium	0.25	0.5	0.75
High	0.5	0.75	1
Very High	0.75	1	1

2. Menghitung agregasi penilaian Fuzzy untuk faktor *Occurence*, *Severity* dan *Detection*

Berikut adalah persamaan yang dipakai untuk agregasi penilaian *fuzzy number* :

$$R_i^O = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j R_{ij}^O = \left( \sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_1}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_2}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^O, \right)$$

$$R_i^S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j R_{ij}^S = \left( \sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_1}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_2}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^S, \right)$$

$$R_i^D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j R_{ij}^D = \left( \sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_1}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM_2}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^D, \right)$$

3. Menghitung agregasi bobot kepentingan untuk *Severity*, *Occurence* dan *Detection*.

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung bobot kepentingan faktor *occurence*, *severity* dan *detection* yang telah dinilai berdasarkan tabel 2.8 :

$$W_i^O = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j W_{ij}^O = \left( \sum_{j=1}^m h_j W_{ijL}^O, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijM}^O, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijU}^O, \right)$$

$$W_i^S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j W_{ij}^S = \left( \sum_{j=1}^m h_j W_{ijL}^S, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijM}^S, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijU}^S, \right)$$



$$W_i^D = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m h_j W_{ij}^D = \left( \sum_{j=1}^m h_j W_{ijL}^D, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijM}^D, \sum_{j=1}^m h_j W_{ijU}^D \right)$$

#### 4. Menghitung nilai *Fuzzy Risk Priority Number*

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai *fuzzy risk priority number* :

$$FRPN_i = (R_i^O)^{\frac{W^O}{W^O+W^S+W^D}} \times (R_i^S)^{\frac{W^S}{W^O+W^S+W^D}} \times (R_i^D)^{\frac{W^D}{W^O+W^S+W^D}}$$

### 2.7 Risk Mapping

Pemetaan risiko dilakukan dengan melakukan *plotting* terhadap nilai *severity* dan *occurrence* ke dalam sebuah matriks. Di mana akan terdapat 4 nilai untuk penilaian risiko yaitu *extreme risk*, *high risk*, *moderate risk* dan *low risk*. Berikut adalah contoh matriks untuk pemetaan risiko.

<i>Likelihood</i>			<i>Consequences</i>				
			<i>Insignificant</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>	<i>Catastrophic</i>
A	Very High	5					
B	High	4					
C	Medium	3					
D	Low	2					
E	Very Low	1					

1	2	3	4	5
Low Risk	Moderate risk	High risk	Extreme risk	

Gambar 2. 2 Peta risiko

Sumber : (Anityasari and Wessiani, 2011)

Contoh penggunaan matriks peta risiko, jika terdapat sebuah failure mode dengan nilai likelihood sebesar 4, dengan nilai *consequences* sebesar 3. Maka termasuk kategori *extreme risk*. Pemetaan risiko bertujuan untuk menggolongkan risiko untuk memudahkan langkah mitigasi risiko.

### 2.8 Mitigasi Risiko

Proses mitigasi adalah beberapa tindakan yang seharusnya diambil sebelum terjadinya suatu bencana dalam rangka pengurangan risiko berencana yang terintegrasi dengan menggunakan sistem pengembangan yang berkelanjutan

(Haifani, 2006). Mitigasi risiko bertujuan untuk mengurangi dampak risiko dan tindakan pencegahan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko. Tiap risiko memiliki perlakuan yang berbeda. Terdapat 5 jenis perlakuan terhadap risiko (Hasan, 2010), yaitu :

1. Menghindari risiko (*avoid*)
2. Memindahkan risiko (*transfer*)
3. Mengurangi dampak atau peluang yang terjadi (*mitigate*)
4. Menerima risiko (*accept*)

## **2.9 Penelitian Terdahulu**

Penelitian tentang manajemen risiko, sudah cukup banyak dilakukan sebelum penelitian ini dilakukan. Penelitian tentang manajemen risiko dilakukan pada tingkat proyek, operasional, hingga organisasi.

Penelitian tugas akhir ini memiliki objek amatan pada tingkatan operasional. Lebih tepatnya pada proses produksi. Terdapat penelitian yang membahas manajemen risiko untuk proses produksi atau equipment sebelumnya yaitu (Ramadhan, 2013) yang meneliti tentang analisis risiko *downtime* dan *opportunity loss* pada industri eksplorasi gas dengan menggunakan simulasi monte carlo. Selain itu juga terdapat penelitian tentang analisis kerusakan peralatan dengan metode *probablistic* FMEA pada industri eksplorasi gas yang dilakukan oleh (Kurniawan, 2013). Untuk penelitian dengan menggunakan metode Fuzzy FMEA juga dilakukan oleh (Sarwoko, 2015). Di mana *scope* penelitiannya adalah aktivitas pada proses bisnis sedangkan pada penelitian ini menganalisis risiko pada proses produksi. Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu pada topik manajemen risiko yang berhubungan dengan penelitian ini :

Tabel 2. 9 Penelitian sebelumnya

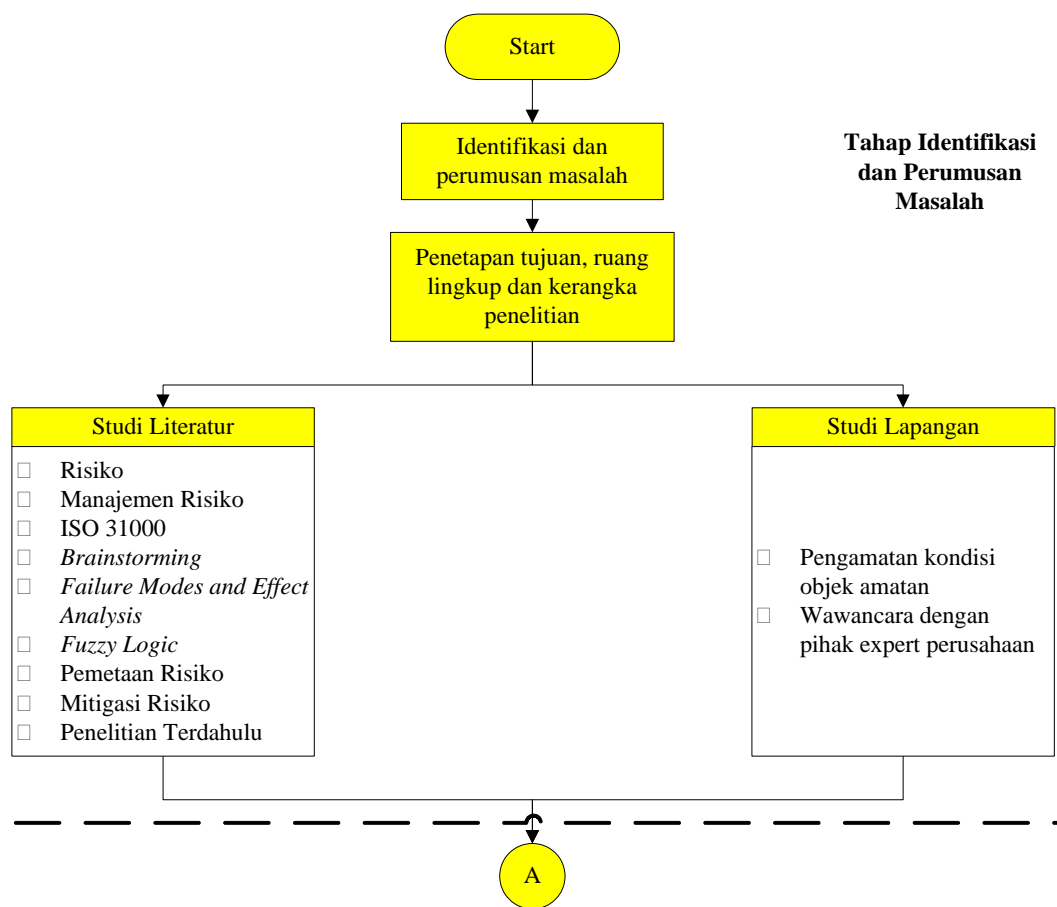
Judul	Jenis penelitian	Penulis	Tahun	Scope	Metode
Analisis Risiko downtime dan opportunity loss operasional industri eksplorasi gas dengan metode simulasi monte carlo (studi kasus : PT Pertamina Hulu Energi- West Madura OFFSHORE)	Tugas Akhir	Andi Reza Ramadhan	2013	Proses Produksi	Simulasi Monte Carlo
Analisis risiko kerusakan peralatan dengan probabilistik FMEA pada industri minyak dan gas	Tugas Akhir	Isadli Kurniawan	2013	Proses Produksi	<i>Probabilistic</i> FMEA
Penyusunan peta risiko dalam upaya pengembangan risiko pada PT Telkomsel	Tugas Akhir	Nurul Rizki Utami	2014	Proses bisnis	FMECA
Perancangan manajemen risiko dengan menggunakan metode fuzzy FMEA pada departemen produksi PT. CHAROEN POKPHAND TBK – pakan ternak Krian, Sidoarjo	Tugas Akhir	Satria Oktafianus Sarwoko	2015	Proses bisnis	Fuzzy FMEA
<b>Penelitian ini</b>	<b>Tugas Akhir</b>	<b>Dedy Utama</b>	<b>2015</b>	<b>Proses Produksi</b>	<b>Fuzzy FMEA</b>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

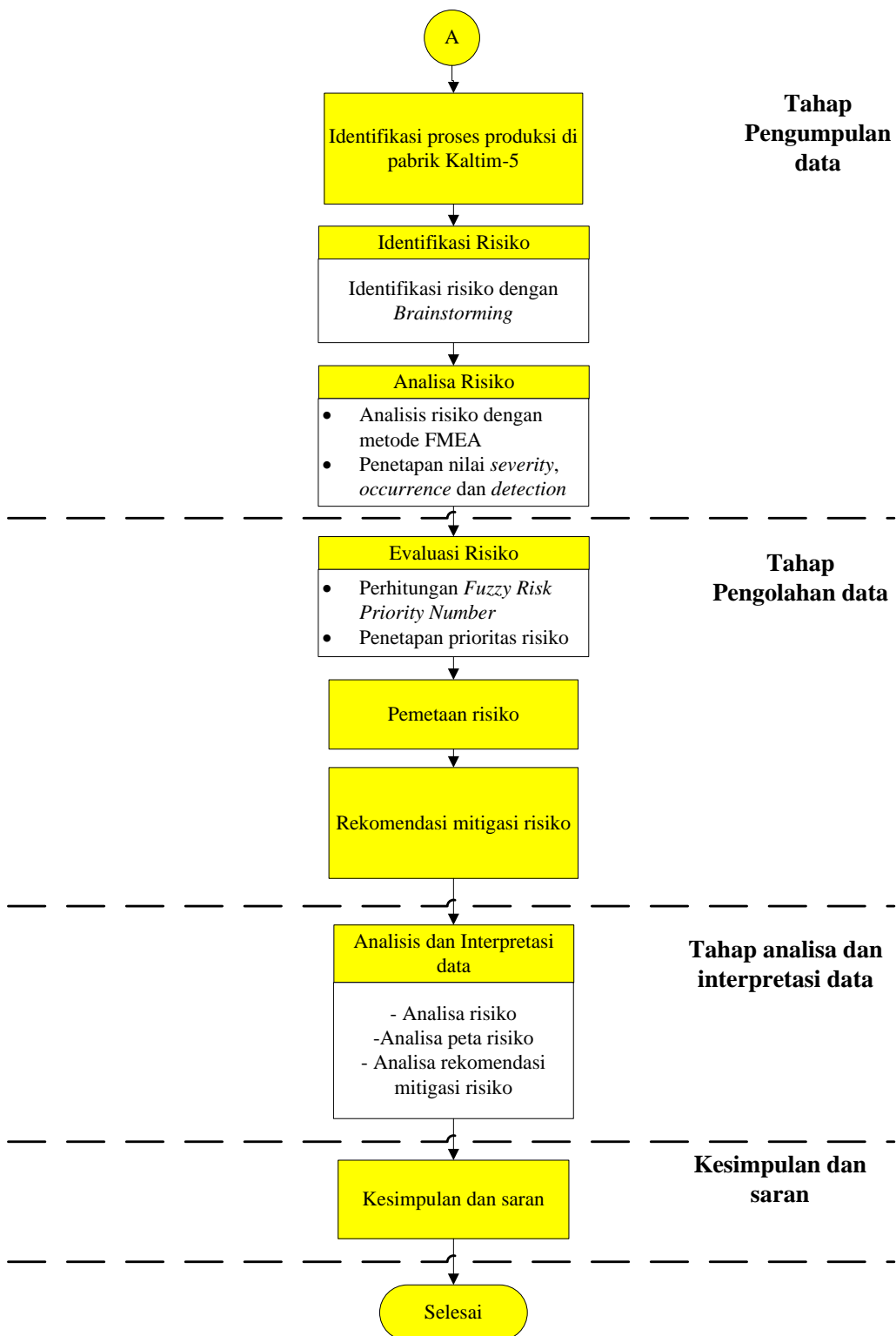
### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan yang dilakukan oleh penulis dalam pengerjaan penelitian ini. Tahapan pada metodologi penelitian ini akan menjadi acuan bagi penulis agar penelitian ini berjalan sistematis dan dapat memenuhi tujuan penelitian yang ditetapkan sebelumnya. Berikut adalah flowchart penelitian ini.



Gambar 3. 1 *Flowchart* penelitian



Gambar 3. 2 *Flowchart* penelitian ( lanjutan )

### **3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah yang dilakukan dengan melakukan *brainstorming* dengan pihak PT Pupuk Kaltim tentang pabrik Kaltim-5.

### **3.2 Penetapan Tujuan, Ruang Lingkup dan Kerangka Penelitian**

Pada tahap ini dilakukan penetapan tujuan dari penelitian berdasarkan rumusan permasalahan pada tahap sebelumnya. Dilakukan juga penetapan ruang lingkup penelitian dan kerangka penelitian.

### **3.3 Studi Literatur dan Studi lapangan**

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dan studi lapangan. Dilakukan studi literatur yang akan menjadi acuan dalam pengerjaan penelitian mengenai risiko, manajemen risiko, model manajemen risiko ISO 31000, FTA, FMEA, *Fuzzy Logic*, peta risiko, mitigasi risiko dan penelitian terdahulu. Studi lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan ke objek amatan serta melakukan wawancara dengan pihak perusahaan untuk mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan yang berada pada operasional pabrik Kaltim-5.

### **3.4 Identifikasi Proses Produksi**

Tahap ini adalah tahap awal pengumpulan data. Pada tahap ini dilakukan pengamatan dan wawancara dengan expert terkait, untuk mengetahui proses produksi dari pabrik Kaltim-5 serta peralatan-peralatan apa saja yang dipakai pada saat proses produksi.

### **3.5 Identifikasi Risiko**

Pada tahap ini dilakukan identifikasi risiko untuk proses produksi yang sudah diidentifikasi sebelumnya. Identifikasi risiko dilakukan dengan memakai metode *brainstorming* untuk mengetahui apa saja risiko yang dapat timbul. Brainstorming dilakukan bersama dengan expert perusahaan.

### **3.6 Analisa Risiko**

Setelah diketahui risiko pada tahap sebelumnya dilakukan analisis risiko dengan metode FMEA untuk mengetahui *potential failure modes* dan penyebab risiko. Setelah itu dilakukan penentuan nilai *severity*, *occurence* dan *detection*. Di mana kedua proses ini dilakukan dengan penyebaran kuisioner kepada pihak yang terkait dengan proses produksi di pabrik Kaltim-5.

### **3.7 Evaluasi Risiko**

Pada tahap ini dilakukan evaluasi risiko dengan menghitung nilai *Risk Priority Number* dengan pendekatan *fuzzy logic* yang menghasilkan *Fuzzy Risk Priority Number*. Setelah nilai FRPN didapatkan, dilakukan penetapan prioritas penanganan risiko. Risiko dengan nilai FRPN paling tinggi didahulukan untuk penanganannya.

### **3.8 Pemetaan Risiko**

Pada tahap ini dilakukan pemetaan risiko. Pemetaan risiko dilakukan dengan melakukan plotting terhadap nilai *severity* dan *occurrence* ke dalam sebuah matriks. Di mana akan terdapat 4 nilai yaitu *extreme risk*, *high risk*, *medium risk* dan *low risk*.

### **3.9 Mitigasi Risiko**

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan rekomendasi mitigasi risiko berdasarkan nilai FRPN yang telah didapatkan. Dilakukan wawancara dengan pihak expert yang terkait dengan proses produksi di pabrik urea Kaltim-5

### **3.10 Analisa dan Interpretasi Data**

Pada tahap ini dilakukan analisa dan interpretasi data tentang risiko yang diidentifikasi, pemetaan risiko yang dilakukan dan rekomendasi mitigasi risiko.

### **3.11 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan yang dapat diambil untuk menjawab tujuan dari penelitian ini. Serta diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.



## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini akan dilakukan pengumpulan serta pengolahan data dari objek amatan di mana output dari bab ini akan dipakai untuk analisis pada bab selanjutnya. Pada bab ini akan dibahas tentang profil perusahaan, profil unit amatan, identifikasi, serta evaluasi risiko.

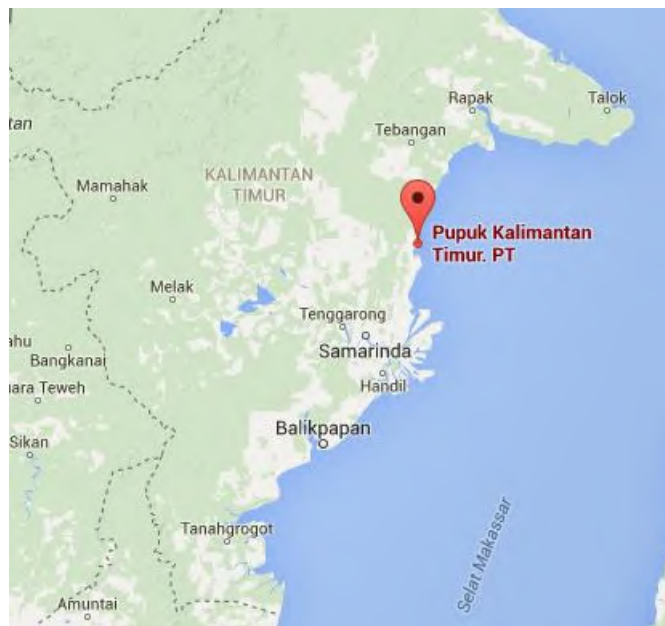
#### **4.1 Profil Perusahaan**

PT Pupuk Kalimantan Timur (Pupuk Kaltim) adalah anak perusahaan dari PT Pupuk Indonesia (Persero) yang berdiri pada 7 Desember 1977. Pupuk Kaltim adalah perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang menjual dan memproduksi amoniak, pupuk urea, pupuk NPK, dan pupuk organik yang dijual di dalam negeri maupun luar negeri.

Pupuk Kaltim menjalankan operasi bisnisnya dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pupuk domestik, baik untuk sektor tanaman pangan melalui distribusi pupuk bersubsidi dengan wilayah pemasaran meliputi seluruh Kawasan Timur Indonesia, maupun untuk sektor tanaman perkebunan dan industri untuk produk nonsubsidi yang pemasarannya ke seluruh wilayah Indonesia serta untuk kebutuhan ekspor. Tugas ini diberikan oleh Pemerintah dan PIHC (Persero) untuk memberikan kontribusi dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Selain Urea, NPK, Pupuk Hayati dan Pupuk Organik, Pupuk Kaltim juga menjual Amoniak untuk kebutuhan industri dalam dan luar negeri.

##### **4.1.1 Lokasi Perusahaan**

PT Pupuk Kalimantan Timur berlokasi di wilayah Pantai Kota Bontang sekitar 121 km sebelah utara Samarinda, Ibukota Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada 0° 10' 46,9" LU dan 117° 29' 30,6" BT. Pabrik ini memiliki area seluas 493 Ha. Di sebelah selatan lokasi pabrik (sekitar 10 km) juga berdiri PT LNG Badak yang merupakan pabrik pengolahan gas bumi. PT Pupuk Kalimantan Timur sendiri menyediakan perumahan dinas karyawan yang terletak sekitar 6 km sebelah barat lokasi pabrik seluas 765 Ha. Pada daerah ini juga tersedia perumahan BTN PKT dan Bukit Sekatup Damai.



Gambar 4. 1 Lokasi perusahaan

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan beberapa pertimbangan. Pertimbangan tersebut antara lain :

1. Dekat dengan sumber bahan baku berupa gas alam
2. Dekat dengan pantai (dermaga/pelabuhan) sehingga memudahkan dalam pengangkutan maupun transportasi
3. Berada ditengah-tengah daerah pemasaran pupuk ekspor dan pemasaran dalam negeri (Indonesia Bagian Timur)
4. Pemetaan zona industri
5. Kemungkinan perluasan pabrik dengan adanya lahan yang luas

#### **4.1.2 Visi, Misi, Budaya Perusahaan**

Berikut adalah visi dan misi yang dimiliki oleh PT Pupuk Kalimantan Timur :

##### **Visi**

“Menjadi Perusahaan agro-kimia yang memiliki reputasi prima di kawasan Asia.”

##### **Misi**

1. Menyediakan produk-produk pupuk, kimia, agro dan jasa pelayanan pabrik serta perdagangan yang berdaya saing tinggi;
2. Memaksimalkan nilai perusahaan melalui pengembangan sumber daya manusia dan menerapkan teknologi mutakhir;

3. Menunjang Program Ketahanan Pangan Nasional dengan penyediaan pupuk secara tepat;
4. Memberikan manfaat bagi Pemegang Saham, karyawan dan masyarakat serta peduli pada lingkungan

#### **Nilai & Budaya Perusahaan**

- **Unggul**

Insan Pupuk Kaltim selalu berusaha mencapai keunggulan dalam berbagai aspek kinerja perusahaan dengan menegakkan nilai-nilai: **Profesional, Tangguh, dan Visioner**

- **Integritas**

Insan Pupuk Kaltim harus dapat dipercaya, sehingga selalu bersifat terbuka dan menjunjung tinggi nilai-nilai: **Jujur, Adil, Bertanggung Jawab, dan Disiplin**

- **Kebersamaan**

Insan Pupuk Kaltim merupakan satu kesatuan tim kerja untuk mencapai tujuan perusahaan dengan mengutamakan nilai-nilai: **Sinergi dan Bersatu**

- **Kepuasan Pelanggan**

Insan Pupuk Kaltim selalu berorientasi pada kepuasan pelanggan dengan memperhatikan nilai-nilai: **Perhatian, Komitmen, dan Mutu**

- **Tanggap**

Insan Pupuk Kaltim dalam mengantisipasi perubahan dinamika usaha selalu memperhatikan nilai-nilai: **Inisiatif, Cepat, dan Peduli Lingkungan**

#### **4.1.3 Profil Unit Produksi**

PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki 4 pabrik yang memproduksi urea dan ammonia yaitu Kaltim-2, Kaltim-3, Kaltim-4, dan Kaltim-5. Selain itu, PT Pupuk Kaltim juga memiliki unit Kaltim-1A yang memproduksi ammonia, unit Popka yang memproduksi urea, unit NPK Blending dan NPK Fusion yang memproduksi pupuk NPK serta memiliki unit yang memproduksi pupuk organik.

Berikut adalah kapasitas dan profil unit-unit produksi di Pupuk Kalimantan Timur :

Tabel 4. 1 Kapasitas unit produksi PT Pupuk Kaltim

	Urea (ton/tahun)	Ammonia (ton/tahun)	NPK (ton/tahun)	Organik (ton/tahun)
Kaltim-2	570.000	595.000		
Kaltim-3	570.000	330.000		
Kaltim-4	570.000	330.000		
Kaltim-5	1.150.000	850.000		
Popka	570.000			
Pabrik 1-A		660.000		
NPK Blending			150.000	
NPK Fusion			200.000	
Organik				45.000
<b>Total</b>	<b>3.430.000</b>	<b>2.765.000</b>	<b>350.000</b>	<b>45.000</b>

Sumber : *Annual report* PT Pupuk Kaltim 2014

Berikut adalah profil masing-masing unit produksi yang dimiliki PT Pupuk Kaltim :

1. Kaltim-2

Pabrik Kaltim-2, diresmikan bersamaan dengan Kaltim-1 dan menggunakan proses Kellog untuk amonia serta Stamicarbon untuk urea. Pabrik ini dapat menghasilkan urea sebesar 570.000 ton/tahun dan ammonia sebesar 595.000 ton/tahun.



Gambar 4. 2 Unit Pabrik Kaltim-2

## 2. Kaltim-3

Pabrik Kaltim-3 diresmikan pada tanggal 4 April 1989. Pabrik dengan teknologi hemat energi ini menggunakan proses Haldor Topsoe untuk amonia dan Stamicarbon untuk urea. Pabrik ini dapat menghasilkan urea sebesar 570.000 ton/tahun dan ammonia sebesar 330.000 ton/tahun.



Gambar 4. 3 Unit Pabrik Kaltim-3

## 3. Kaltim-4

Unit urea Pabrik Kaltim-4 diresmikan pada tanggal 3 Juli 2002 dan unit amonia Kaltim-4 diresmikan oleh Presiden RI pada tanggal 31 Mei 2004. Sama seperti POPKA, Kaltim-4 pun memproduksi urea granule. Pabrik ini menggunakan proses Haldor Topsoe untuk amonia dan Snamprogetti untuk urea. Pabrik ini dapat menghasilkan urea sebesar 570.000 ton/tahun dan ammonia sebesar 330.000 ton/tahun.



Gambar 4. 4 Unit Pabrik Kaltim-4

#### 4. Kaltim-5

Pabrik Kaltim-5 diresmikan pada tanggal 17 November 2015 untuk menggantikan Kaltim-1 yang sudah tua . Kaltim-5 memproduksi ammonia dan urea *granule* . Pabrik ini menggunakan proses KBR Purifier untuk ammonia dan TOYO ACES 21 untuk urea. Pabrik ini dapat menghasilkan urea sebesar 1.150.000 ton/tahun dan ammonia sebesar 850.000 ton/tahun.



Gambar 4. 5 Unit pabrik Kaltim-5

#### 5. Pabrik-1A

Setelah ditandatangani “*Transfer Asset Agreement*” 13 Maret 2014 di Kantor Pupuk Indonesia (Persero), Jakarta. PT Pupuk Kalimantan Timur (PKT) secara resmi mengambil alih pengoperasian PT Kaltim Pasifik Amoniak (KPA) berupa pabrik amoniak berkapasitas 2000 ton per hari dan fasilitas pendukungnya. Nilai aset pabrik amoniak beserta fasilitas pendukungnya itu adalah USD109 juta. Dengan pengambilalihan aset ini, maka kapasitas produksi PKT akan bertambah sebanyak 660 ribu ton per tahun, sehingga total kapasitas produksi amoniak PKT menjadi 2,51 juta ton per tahun.

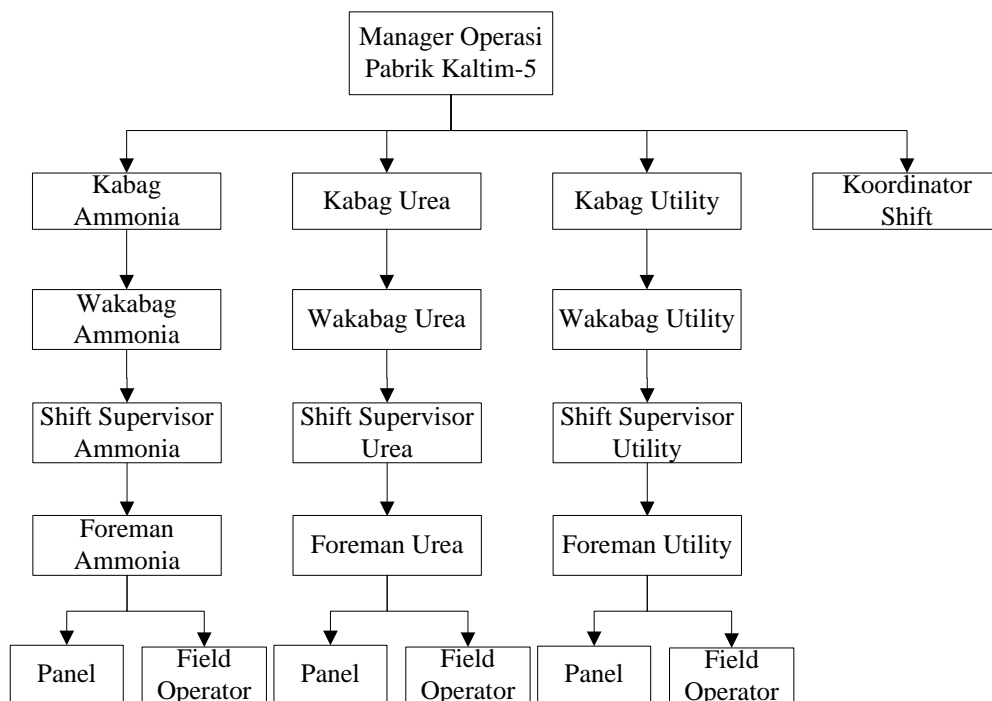
##### 4.1.4 Manajemen Risiko Perusahaan

PT Pupuk Kaltim saat ini sudah memiliki manajemen risiko dengan berbasis ISO 31000. Manajemen risiko di PT Pupuk Kaltim dikoordinasi oleh Departemen Kepatuhan dan Manajemen Risiko. Secara operasional, Departemen Kepatuhan & Manajemen Risiko menerima laporan Manajemen Risiko Unit Kerja yang disusun secara tertulis sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam Buku Petunjuk Pelaksanaan

Manajemen Risiko. Laporan yang diterima akan dianalisis dan dievaluasi yang nantinya akan menjadi risiko perusahaan.

#### 4.1.5 Profil Pabrik Kaltim-5

Pabrik Kaltim-5 adalah pabrik penghasil urea dan ammonia yang dimiliki oleh PT Pupuk Kaltim yang dibangun pada tahun 2011 dan resmi beroperasi pada tahun 2015. Pabrik ini sama seperti pabrik-pabrik operasi lainnya, menghasilkan ammonia dan urea. Di mana kapasitas dari ammonia dan urea pada pabrik Kaltim-5 sebesar 850.000 ton/tahun dan 1.150.000 ton/tahun. Gambar 4.6 memperlihatkan struktur organisasi dari pabrik Kaltim-5.



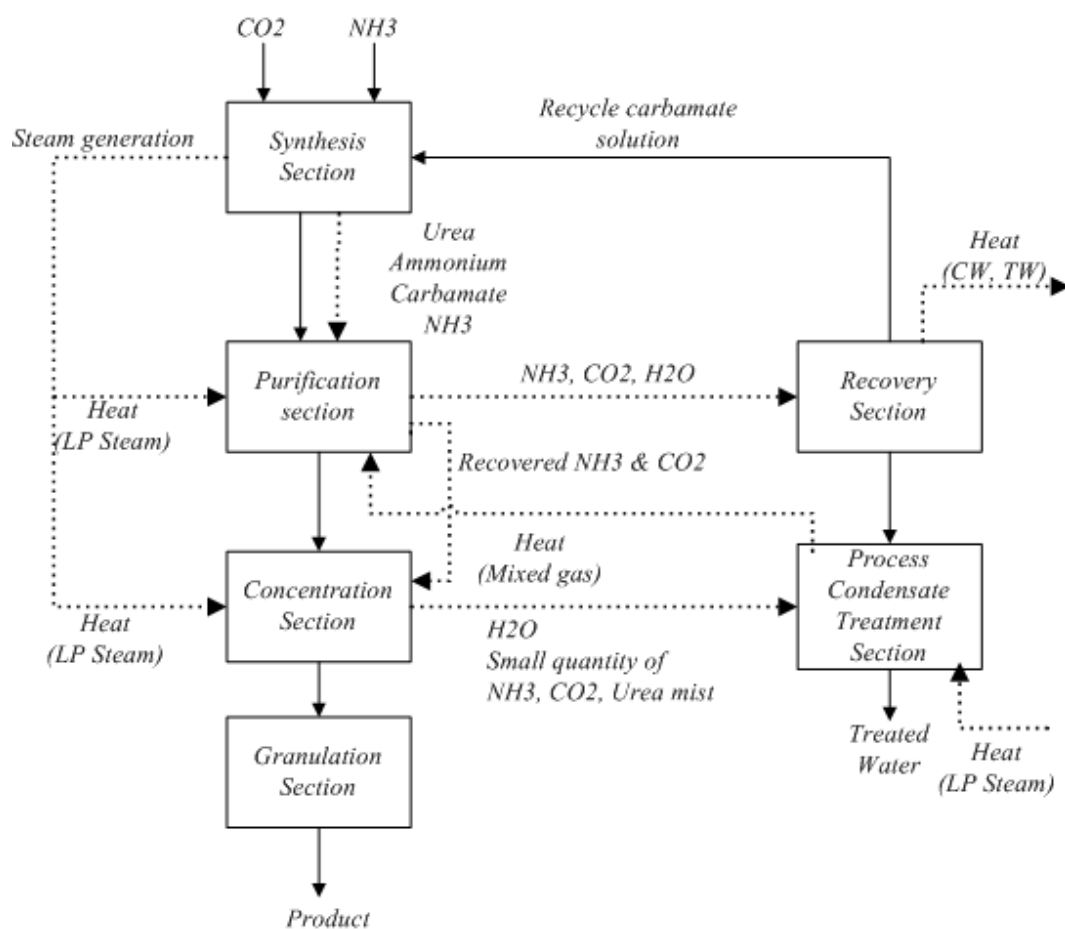
Gambar 4. 6 Struktur organisasi pabrik Kaltim-5

Pada pabrik kaltim 5 terdapat manager operasi yang bertanggung jawab atas operasional pabrik. Manager operasi membawahi empat buah divisi yaitu ammonia, urea, utility dan koordinator shift. Selain koordinator shift, divisi ammonia, urea dan *utility* terdiri dari kabag, wakabag, shift supervisor, *foreman*, *panel* dan *field operator*.

#### 4.1.6 Proses Produksi Unit Urea Kaltim-5

Unit urea pabrik Kaltim-5 didesain untuk memproduksi 3500 MTPD urea granul dengan kualitas yang ditentukan pada *single train* berdasarkan pada bahan baku dari unit pabrik ammonia Kaltim-5.

Pabrik urea terdiri dari enam buah seksi atau proses dalam memproduksi urea. Seksi yang berada di pabrik urea adalah seksi sintesa, seksi purifikasi, seksi konsentrasi, seksi *recovery*, seksi *process condensate treatment*, dan seksi granulasi.



Gambar 4. 7 Proses produksi urea Kaltim-5

Berikut dijelaskan seksi atau proses yang berada pada unit urea Kaltim-5 beserta dengan peralatan-peralatan yang terdapat di masing-masing seksi :



a. Seksi Sintesa

Seksi sintesa merupakan jantung dari unit pabrik urea. Proses yang berada di seksi ini adalah sintesa urea dengan reaksi ammonia cair, gas CO<sub>2</sub> yang disuplai dari unit pabrik ammonia, dan *recycle* larutan karbamat. Tujuan dari seksi sintesa adalah sintesis CO<sub>2</sub> dan ammonia menjadi karbamat. Berikut adalah peralatan-peralatan yang ada di seksi sintesa :

1) Reaktor

Reaktor berfungsi untuk pembentukan dan *dehydrasi carbamate*. Dalam pengoperasiannya, reaktor bergantung pada beberapa variabel yaitu :

a. Temperatur

Jika temperatur turun, konversi CO<sub>2</sub> akan menurun, namun jika temperatur dinaikkan terlalu tinggi, menyebabkan kenaikan volume gas dan akibatnya konversi CO<sub>2</sub> akan menurun.

b. Tekanan

Jika tekanan turun, konversi CO<sub>2</sub> dan temperatur menurun. Jika tekanan mengalami kenaikan yang cepat, dapat menyebabkan situasi kritis.

c. Rasio molar

Jika rasio molar turun, konversi CO<sub>2</sub> menurun, temperatur meningkat dan beban *stripper* dan konsumsi steam meningkat. Dan sebaliknya jika rasio molar naik.

2) *Stripper*

*Stripper* berfungsi untuk decomposisi carbamate dan pemisahan ammonia eksess atau kelebihan ammonia. Dalam pengoperasiannya, *stripper* bergantung pada beberapa variabel yaitu :

a. Temperatur

Jika temperatur turun, efisiensi stripping bertambah. Sebaliknya bila temperatur naik, serta korosi meningkat dan pembentukan biuret bertambah.

b. Tekanan

Jika tekanan turun, efisiensi bertambah. Jika naik, efisiensi akan turun

c. Level

Jika level turun, gas CO<sub>2</sub> dapat lolos ke downstream. Sedangkan jika level naik, terjadi hidrolisis urea dan pembentukan biuret bertambah.

3) *Vertical Submerge Carbamate Condenser*

Carbamate condenser berfungsi untuk reaksi pembentukan dan dehidrasi carbamate serta pembangkitan steam *Low Pressure*. Dalam pengoperasiannya *Vertical Submerge Carbamate Condenser*, bergantung pada beberapa variabel yaitu :

a. Temperatur

Jika temperatur turun, konversi CO<sub>2</sub> dan tekanan akan menurun, namun jika temperatur dinaikkan terlalu tinggi, menyebabkan vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat dan tekanan juga meningkat.

b. Tekanan

Jika tekanan turun, vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat, begitu juga dengan level bottom serta temperatur menjadi turun. Peningkatan tekanan yang terlalu cepat dapat membuat situasi kritis.

c. Level

Jika level turun, flow carbamate menuju ke reaktor melalui HP carbamate ejector akan habis. Jika levelnya naik, *urea solution* akan *carry over* ke bagian scrubbing di atas.

b. Seksi Purifikasi

Pada seksi purifikasi dilakukan pemisahan urea dari produk reaksi hasil sintesis selain urea yaitu biuret, *ammonium*, *carbamate*, air, dan *excess* NH<sub>3</sub>. Secara umum caranya adalah *ammonium carbamate*, NH<sub>3</sub> dan beberapa air dihilangkan dengan pemanasan pada tingkat tekanan rendah. *Ammonium carbamate* didekomposisi ke gas NH<sub>3</sub> dan CO<sub>2</sub>.

Pada seksi purifikasi terdapat peralatan yaitu :

1) *HP & LP Decomposer*

Pada *HP & LP Decomposer* terjadi pemisahan  $\text{NH}_3$  terjadi pemisahan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  yang terbentuk dengan menguraikan ammonium carbamate dan penguapan kelebihan  $\text{NH}_3$ . Panas yang dipakai untuk menguraikan dilakukan dengan kondensasi *steam* tekanan rendah dan panas dari kondensat steam.

c. Seksi konsentrasi

Pada seksi konsentrasi, *urea solution* dari seksi purifikasi dinaikkan konsentrasinya menjadi 96% berat larutan urea dan kemudian kirim ke unit granulasi. Urea solution dinaikkan konsentrasinya hingga 83% berat di *evaporator* (bagian bawah) dengan memanfaatkan panas kondensasi dan penyerapan gas dari *HP Decomposer*, maka *solution* terkonsentrasi lagi hingga 96% berat di evaporator (bagian atas) dengan steam tekanan rendah. Akhirnya larutan Urea dikirim ke unit granulasi melalui final separator. Peralatan yang berada di seksi konsentrasi adalah :

1) *Evaporator*

2) *Final Separator*

Rentang tekanan operasi untuk Evaporator dan Final separator adalah 210-290 mmHgA dan untuk temperatur, dalam rentang 130-136 C. Jika pada final separator, tekanan lebih tinggi dan temperatur kurang dari standar, penguapan air akan terganggu sehingga konsentrasi urea kurang dari 96% berat yang mengarah kelembaban produk yang lebih tinggi pada seksi granulasi. Sebaliknya jika tekanan lebih rendah, penguapan air lebih banyak, namun konsentrasi urea lebih tinggi dari seharusnya. Temperatur tinggi, dapat membuat konsentrasi urea tinggi, namun dapat menaikkan kandungan biuret.

d. Seksi *recovery*

Pada seksi *recovery*, gas ammonia dan  $\text{CO}_2$  yang dipisahkan di seksi purifikasi, di-*recovery* pada dua tingkat tekanan, yaitu LP Absorption pada tekanan 2,4 kg/cm<sup>2</sup>g dan *HP absorption* pada tekanan 15,8 kg/cm<sup>2</sup>g, dengan absorbent proses kondensat, yang akan di-*recycle* ke

unit sintesa sebagai larutan karbamat. Pada seksi *recovery* terdapat beberapa peralatan yaitu :

- 1) *washing column*
- 2) *HP absorber*
- 3) *LP absorber*.

Dalam pengoperasian terdapat beberapa variabel yang berpengaruh seperti temperatur, tekanan, dan level. Contoh pada *washing column*, jika temperatur turun, dapat terbentuk padatan di line carbamate solution. Jika naik, mix gas ke packing bed bertambah dan liquid terjebak di upper packing bed. Jika tekanan dinaikkan, gas overhead dari HP Decomposer menurun. Lalu contoh pada HP absorber. Jika level pada HP absorber turun, maka absorpsi di HP absorber tidak mencukupi dan menyebabkan absorber beroperasi unsteady.

e. Seksi *Process Condensate Treatment*

Fungsi dari seksi *process condensate treatment* adalah mengkondensasikan uap air yang mengandung  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  dan debu urea dari seksi konsentrasi di *surface condenser*. *Process condensate treatment* berfungsi untuk melucuti  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  dalam *condensate* dengan *stream stripping* di DA501. Selain itu juga berfungsi untuk menghidrolisis urea dalam *condensate* menjadi  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  di DA502. Peralatan yang berada di seksi *process condensate treatment* adalah :

- 1) *process condensate stripper*
- 2) *Hydrolizer urea*

Dalam pengoperasian terdapat beberapa variabel yang berpengaruh seperti temperatur dan tekanan. Contoh pada PCT jika temperatur naik, maka vapor overhead ke LP Decomposer berlebih. Jika turun, rate stripping  $\text{NH}_3$  dan  $\text{CO}_2$  menurun. Pada *Hydrolizer Urea*, jika tekanan dinaikkan, vapor overhead ke PCT meningkat dan temperatur akan turun. Sebaliknya jika tekanan menurun.

f. Seksi Granulasi

Proses pembentukan urea granul dari proses menyemprotkan urea melt dengan *spray nozzle* kemudian didinginkan maka terbentuklah urea

granul yang ukuran butirannya lebih besar dari urea prill. Peralatan yang berada di seksi granulasi adalah :

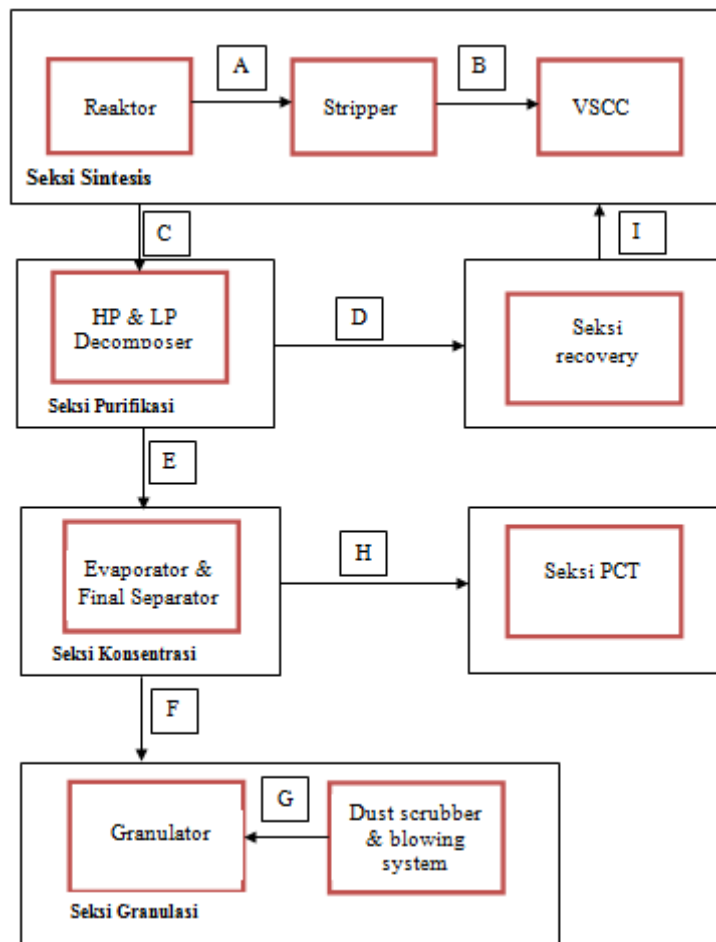
- 1) *Granulator*
- 2) *Dust Scrubber*
- 3) *Crusher*
- 4) *Screen*
- 5) *ID Fan*
- 6) *Spouting air blower*
- 7) *Fluidizing air blower*

Dalam pengoperasian terdapat beberapa variabel yang berpengaruh seperti tekanan pada umpan dan tekanan. Pada granulator, jika tekanan umpan lebih rendah dari standar, dapat menimbulkan bongkahan urea dan produk berbentuk seperti *popcorn*.

g. Keterkaitan antar proses atau peralatan

Proses produksi di pabrik Kaltim-5 sendiri memiliki berbagai macam variabel dalam pengoperasiannya. Temperatur, dan tekanan adalah salah satu variabel yang dapat mempengaruhi jalannya operasional dari masing-masing peralatan maupun proses. Selain faktor tersebut, perlu diperhatikan keterkaitan antar proses atau juga peralatan. Pembuatan produk urea sendiri memang cukup rumit karena banyak melibatkan reaksi kimia yang terjadi di peralatan. Selain itu, diperlukan beberapa proses atau tahapan untuk mendapatkan produk urea yang diinginkan. Terdapat kaitan antar proses maupun peralatan pada satu seksi, maupun antar seksi. Contohnya adalah pada seksi sintesa. Pada seksi sintesa terdapat Reaktor. Jika konversi  $\text{CO}_2$  pada reaktor menurun, temperatur pada reaktor meningkat dan akan menambah beban kinerja dari peralatan *stripper*.

Berikut pada gambar 4.8 akan diberikan diagram keterkaitan antar proses atau peralatan yang berkaitan kinerjanya satu sama lain.



Gambar 4. 8 Keterkaitan antar proses atau peralatan.

Keterangan :

- Jika konversi  $\text{CO}_2$  pada reaktor menurun, temperatur meningkat dan beban *stripper* dan konsumsi steam meningkat.
- Jika *stripper* menghasilkan lebih banyak biuret daripada carbamate, kinerja VSCC tidak efisien.
- Jika output dari seksi sintesis lebih banyak biuret, maka penguraian carbamate di HP&LP Decomposer tidak efisien dan lebih banyak menghasilkan excess. Jika seksi sintesis shutdown, maka kinerja seksi purifikasi juga akan berhenti.
- Jika hasil penguraian pada seksi purifikasi berlebihan, akan meningkatkan beban kera recovery

- e. Jika output dari seksi purifikasi, yaitu urea solution, kurang dari 68% kadar kemurniannya, beban kerja peralatan pada seksi konsentrasi meningkat. Terutama evaporator, sebagai tahap pertama dalam peningkatan konsentrasi.
- f. Jika konsentrasi urea kurang dari 96%, kinerja seksi granulasi tidak maksimal dan menghasilkan produk cacat dengan tingkat kelembaban tinggi.
- g. Granulator akan berdebu dan kinerja granulator tidak maksimal.
- h. Jika seksi konsentrasi tidak berjalan dengan efisien, tidak banyak uap air yang dapat dikirim ke utility.
- i. Jika seksi recovery mengalami kegagalan, tidak banyak ammonia dan CO<sub>2</sub> yang dapat dikirim kembali ke sintesis sebagai bahan baku.

#### 4.2 Identifikasi Risiko

Pada sub-bab ini dilakukan identifikasi risiko pada proses produksi urea Kaltim-5. Identifikasi dilakukan dengan cara melakukan *brainstorming* dengan pihak expert di pabrik Kaltim-5 tentang proses produksi di urea. Risiko diidentifikasi dengan cara mengklasifikasikan proses produksi ke dalam masing-masing seksi beserta tujuannya. Diidentifikasi juga peralatan yang ada pada masing-masing seksi, dan diidentifikasi risiko yang ada pada masing-masing peralatan yang dapat mengganggu jalannya aktivitas operasional berdasarkan pengalaman *expert* di lapangan. Berikut adalah risiko-risiko yang telah diidentifikasi dari hasil *brainstorming* :

Tabel 4. 2 Hasil identifikasi risiko

Process	Entity	ID	Risk
Seksi Sintesa	Reaktor	R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea
	Stripper	R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper
	Vertical Submerge Carbamate condenser	R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat

Tabel 4. 3 Hasil identifikasi risiko (2)

<i>Process</i>	<i>Entity</i>	<b>ID</b>	<i>Risk</i>
<b>Seksi Purifikasi</b>	<i>HP &amp; LP Decomposer</i>	R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>
<b>Seksi Konsentrasi</b>	<i>Evaporator</i>	R5	<i>Evaporator</i> gagal menaikkan konsentrasi <i>urea solution</i> hingga 96%
	<i>Final Separator</i>	R6	Larutan urea ikut tersedot oleh <i>ejector</i> pada final separator
<b>Seksi Recovery</b>	<i>Washing column</i>	R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>
	<i>HP absorber</i>	R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa
	<i>LP absorber</i>	R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate
<b>Seksi Process Condensate Treatment</b>	<i>Process Condensate Stripper</i>	R10	Tidak terjadi stripping pada PCS
	<i>Hydrolizer Urea</i>	R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di <i>Hydrolizer urea</i> tidak maksimal
<b>Seksi Granulasi</b>	<i>Granulator</i>	R12	Produk granul yang dihasilkan di luar standar spesifikasi
	<i>Dust scrubber</i>	R13	<i>Dust scrubber</i> mengalami kebocoran
	<i>Crusher</i>	R14	<i>Crusher</i> mengalami overload kapasitas
	<i>Screen</i>	R15	Terjadi kebuntuan di <i>screen</i>
	<i>ID Fan</i>	R16	<i>ID Fan</i> tidak dapat menyedot udara dengan maksimal
	<i>Spouting air blower</i>	R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal
	<i>Fluidizing air blower</i>	R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal



Risiko yang didapat telah diverifikasi dan divalidasi oleh departemen tata kelola perusahaan dan manajemen risiko selaku pihak yang mengelola manajemen risiko di PT Pupuk Kaltim.

### 4.3 Analisa Risiko

Pada subbab ini dilakukan analisa risiko dengan metode FMEA. Risiko-risiko hasil identifikasi risiko pada sub-bab 4.2 dianalisa *potential effect*, *risk cause* dan *current control*-nya. *Potential effect* adalah potensi dampak risiko, jika risiko tersebut terjadi. *Risk cause* adalah penyebab risiko itu dapat terjadi dan *current control* adalah kontrol untuk melihat risiko yang ada saat ini. Analisa dilakukan dengan pihak expert Kaltim-5 yang telah ditunjuk sebelumnya. Berikut adalah daftar risiko beserta *potential effect*, *risk cause* dan *current control*-nya :

Tabel 4. 4 Identifikasi risiko, *potential effect*, *risk cause* dan *current control*

<i>Process</i>	<i>Entity</i>	<b>ID</b>	<i>Risk</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Risk Causes</i>	<i>Current Control</i>
<b>Seksi Sintesa</b>	Reaktor	R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	Rate produksi urea turun	Variabel tekanan, temperatur dan rasio molar tidak seimbang	<i>Distributed control system</i>
	<i>Stripper</i>	R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	Kualitas produk urea menurun	Waktu tinggal meningkat akibat level larutan terlalu tinggi	<i>Distributed control system</i>
	<i>Vertical Submerge Carbamate condenser</i>	R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	rate produksi urea turun	Kesalahan setting variabel tekanan dan temperatur	<i>Distributed control system</i>

Tabel 4. 5 Identifikasi risiko, *potential effect*, *risk cause* dan *current control* (2)

<i>Process</i>	<i>Entity</i>	<b>ID</b>	<i>Risk</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Risk Causes</i>	<i>Current Control</i>
<b>Seksi Purifikasi</b>	<i>HP &amp; LP Decomposer</i>	R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	<i>Shutdown</i> ,diperlukan maintenance	Korosi pada salah satu tube	<i>Distributed control system</i>
<b>Seksi Konsentrasi</b>	<i>Evaporator</i>	R5	<i>Evaporator</i> gagal menaikkan konsentrasi <i>urea solution</i> hingga 96%	Kinerja granul menurun	Kondisi vakum dan temperatur evaporasi tidak sesuai standar	<i>Distributed control system</i>
	<i>Final Separator</i>	R6	Larutan urea ikut tersedot oleh <i>ejector</i> pada final separator	Beban proses PCT naik	Level final separator lebih dari 100%	<i>Distributed control system</i>
<b>Seksi Recovery</b>	<i>Washing column</i>	R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	Pembentukan kerak yang menghambat aliran	Urea akan mengkristal pada temperatur 132,6oC dan pada temperatur lebih dari 140oC, pembentukan biuret akan tinggi	<i>Distributed control system</i>
	<i>HP absorber</i>	R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	Konsentrasi carbamate pekat	Kristalisasi carbamate di absorber	<i>Distributed control system</i>
	<i>LP absorber</i>	R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	Rate produksi urea turun	Temperatur cooling water sebagai pendingin terlalu tinggi	<i>Distributed control system</i>

Tabel 4. 6 Identifikasi risiko, *potential effect*, *risk cause* dan *current control* (3)

<i>Process</i>	<i>Entity</i>	<i>ID</i>	<i>Risk</i>	<i>Potential Effect</i>	<i>Risk Causes</i>	<i>Current Control</i>
<b>Seksi Granulasi</b>	<i>Granulator</i>	R12	Produk granul yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	Rate produksi urea turun	Terbentuk lump yang continue	<i>Distributed control system</i>
	<i>Dust scrubber</i>	R13	<i>Dust scrubber</i> mengalami kebocoran	Level dust scrubber pit turun	Lantai/dinding dust scrubber leak melalui welding	<i>Distributed control system</i>
	<i>Crusher</i>	R14	<i>Crusher</i> mengalami overload kapasitas	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul	ukuran feed urea yang masuk terlalu besar	Pendeteksian via aktivitas inspeksi
	<i>Screen</i>	R15	Terjadi kebuntuan di <i>screen</i>	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul	kapasitas screen overload	<i>Distributed control system</i>
	<i>ID Fan</i>	R16	<i>ID Fan</i> tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul	Terjadi hambatan di dust scrubber	<i>Distributed control system</i>
	<i>Spouting air blower</i>	R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul	Terjadi kebuntuan di line spouting	<i>Distributed control system</i>
	<i>Fluidizing air blower</i>	R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul	Terjadi kebuntuan di perforated plate	<i>Distributed control system</i>

Setelah diketahui *potential effect*, *risk cause* dan *current control* masing-masing risiko, dilakukan penilaian *severity*, *occurence* dan *detection*. Agregasi nilai

*severity*, *occurrence* dan *detection* dengan bilangan fuzzy, dan selanjutnya dilakukan perhitungan *Fuzzy Risk Priority Number*.

#### 4.3.1 Penilaian nilai *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*

Pada sub-bab ini dilakukan penilaian untuk nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* untuk risiko-risiko yang telah diidentifikasi dan dianalisa sebelumnya. Penilaian dilakukan oleh expert yang berada di unit urea pabrik Kaltim-5 yang paham tentang kondisi operasional dari pabrik Kaltim-5. Berikut adalah hasil penilaian untuk nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* :

Tabel 4. 7 Nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* (1)

	<i>Risk</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>
<b>Seksi Sintesa</b>				
R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	3	3	2
R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	4	4	1
R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	3	3	1
<b>Seksi Purifikasi</b>				
R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	4	4	1
<b>Seksi Konsentrasi</b>				
R5	Evaporator gagal menaikkan konsentrasi urea solution hingga 96%	3	2	2
R6	Larutan urea ikut tersedot oleh ejector pada final separator	3	3	1
<b>Seksi Recovery</b>				
R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	3	2	2
R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	3	4	2
R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	3	2	2

Tabel 4. 8 Nilai *severity*, *occurence* dan *detection* (2)

ID	Risk	Severity	Occurrence	Detection
<b>Seksi Process Condensate Treatment</b>				
R10	Tidak terjadi stripping pada PCS	4	3	1
R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di <i>Hydrolizer urea</i> tidak maksimal	4	3	1
<b>Seksi Granulasi</b>				
R12	Produk granul yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	3	4	2
R13	Dust scrubber mengalami kebocoran	4	4	2
R14	Crusher mengalami overload kapasitas	4	2	1
R15	Terjadi kebuntuan di screen	3	4	2
R16	ID Fan tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	4	4	1
R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	4	4	2
R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	4	4	1

#### 4.3.2 Agregasi Fuzzy Number Untuk *Severity*, *Occurence* dan *Detection*

Pada sub-bab ini dilakukan agregasi nilai *severity*, *occurence* dan *detection* yang telah ditentukan nilainya pada sub-bab 4.3.1 menjadi bilangan fuzzy atau fuzzifikasi. Bilangan dan persamaan perhitungan untuk mendapatkan bilangan fuzzy mengikuti ketentuan pada bab 2.6 pada poin ke-2.

Dari persamaan di atas, nilai fuzzy yang didapatkan untuk masing-masing risiko adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Nilai fuzzy untuk *severity*, *occurrence* dan *detection*

ID	Risk	Severity	Occurrence	Detection
<b>Seksi Sintesa</b>				
R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	3	3	2
R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	4	4	1.33
R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	3	3	1.33
<b>Seksi Purifikasi</b>				
R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	4	4	1.33
<b>Seksi Konsentrasi</b>				
R5	Evaporator gagal menaikkan konsentrasi urea solution hingga 96%	3	2	2
R6	Larutan urea ikut tersedot oleh ejector pada final separator	3	3	1.33
<b>Seksi Recovery</b>				
R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	3	2	2
R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	3	4	2
R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	3	2	2
<b>Seksi Process Condensate Treatment</b>				
R10	Tidak terjadi stripping pada PCS	4	3	1.33
R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di <i>Hydrolizer urea</i> tidak maksimal	4	3	1.33
<b>Seksi Granulasi</b>				
R12	Produk granul yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	3	4	2
R13	Dust scrubber mengalami kebocoran	4	4	2
R14	Crusher mengalami overload kapasitas	4	2	1.33
R15	Terjadi kebuntuan di screen	3	4	2

Tabel 4. 10 Nilai fuzzy untuk *severity*, *occurrence* dan *detection* (2)

ID	Risk	Severity	Occurrence	Detection
<b>Seksi Granulasi</b>				
R16	ID Fan tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	4	4	1.33
R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	4	4	2
R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	4	4	1.33

#### 4.3.3 Perhitungan Fuzzy Risk Priority Number (FRPN)

Setelah diketahui nilai fuzzy masing-masing faktor, langkah selanjutnya adalah menentukan *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) untuk mengetahui nilai prioritas risiko dari risiko-risiko yang telah diidentifikasi.

Bobot fuzzy sendiri dihitung dengan menggunakan persamaan pada subbab 2.6 dan nilai bobot telah disepakati dengan pihak expert. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai FRPN untuk masing-masing risiko sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Fuzzy Risk Priority Number (1)

ID	Risk	Severity	Occurrence	Detection	<i>Fuzzy Risk Priority Number</i>
<b>Seksi Sintesa</b>					
R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	1.552	1.552	1.149	<b>2.766</b>
R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>
R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	1.660	1.660	1.022	<b>2.819</b>

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan *Fuzzy Risk Priority Number* (2)

<b>ID</b>	<b><i>Risk</i></b>	<b><i>Severity</i></b>	<b><i>Occurrence</i></b>	<b><i>Detection</i></b>	<b><i>Fuzzy Risk Priority Number</i></b>
<b>Seksi Purifikasi</b>					
R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>
<b>Seksi Konsentrasi</b>					
R5	Evaporator gagal menaikkan konsentrasi urea solution hingga 96%	1.732	1.189	1.189	<b>2.449</b>
R6	Larutan urea ikut tersedot oleh ejector pada final separator	1.660	1.660	1.022	<b>2.819</b>
<b>Seksi Recovery</b>					
R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	1.732	1.189	1.189	<b>2.449</b>
R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	1.442	2.000	1.122	<b>3.238</b>
R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	1.732	1.189	1.189	<b>2.449</b>
<b>Seksi Process Condensate Treatment</b>					
R10	Tidak terjadi stripping pada PCS	2.181	1.510	1.018	<b>3.353</b>
R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di Hydrolizer urea tidak maksimal	2.181	1.510	1.018	<b>3.353</b>
<b>Seksi Granulasi</b>					
R12	Produk granul yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	1.442	2.000	1.122	<b>3.238</b>
R13	Dust scrubber mengalami kebocoran	1.811	1.811	1.104	<b>3.623</b>
R14	Crusher mengalami overload kapasitas	2.611	1.173	1.022	<b>3.132</b>
R15	Terjadi kebuntuan di screen	1.442	2.000	1.122	<b>3.238</b>



Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan *Fuzzy Risk Priority Number* (3)

<b>ID</b>	<b><i>Risk</i></b>	<b><i>Severity</i></b>	<b><i>Occurrence</i></b>	<b><i>Detection</i></b>	<b><i>Fuzzy Risk Priority Number</i></b>
<b>Seksi Granulasi</b>					
R16	ID Fan tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>
R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	1.811	1.811	1.104	<b>3.623</b>
R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>

#### 4.4 Evaluasi Risiko

Evaluasi dilakukan dengan membuat prioritas risiko berdasarkan nilai FRPN yang didapatkan pada sub-bab 4.3.4. Evaluasi risiko juga dilakukan dengan pembuatan peta risiko berdasarkan nilai *severity* dan *occurrence* masing-masing risiko. Pembuatan peta risiko bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko yang ada pada proses produksi di unit urea Kaltim-5.

##### 4.4.1 Prioritas Risiko

Prioritas risiko dibuat untuk menentukan tingkat risiko yang didahulukan untuk pemberian upaya mitigasi risiko. Prioritas risiko dibuat berdasarkan nilai FRPN yang didapatkan dengan mengurutkan nilai FRPN yang paling tinggi hingga yang paling rendah. Dari perhitungan yang telah dilakukan, terdapat nilai FRPN yang sama. Meskipun terdapat nilai yang sama, nilai FRPN yang didapatkan belum tentu berasal dari faktor yang sama. Hal ini dikarenakan masing-masing faktor telah diberikan bobot sesuai dengan penilaian dari expert.

Berikut pada Tabel 4.14 ditunjukkan prioritas risiko untuk proses produksi di unit urea Kaltim-5 :

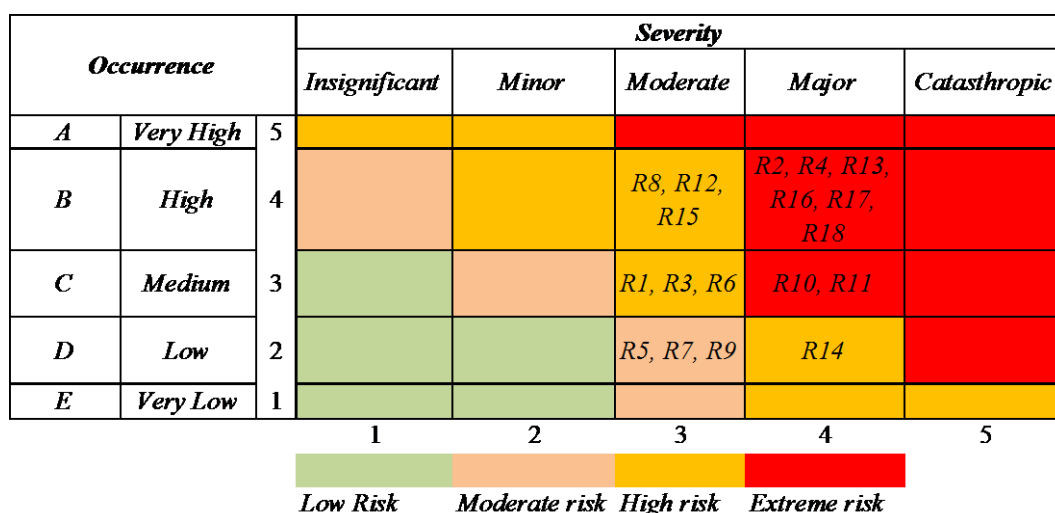
Tabel 4. 14 Prioritas Risiko

<i>Entity</i>	<i>ID</i>	<i>Risk</i>	<i>FRPN</i>
<i>Stripper</i>	R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	3.775
<i>HP &amp; LP Decomposer</i>	R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	3.775
<i>ID Fan</i>	R16	ID Fan tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	3.775
<i>Fluidizing air blower</i>	R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	3.775
<i>Dust scrubber</i>	R13	Dust scrubber mengalami kebocoran	3.623
<i>Spouting air blower</i>	R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	3.623
<i>Process Condensate Stripper</i>	R10	Tidak terjadi stripping pada PCS	3.353
<i>Hydrolizer Urea</i>	R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di Hydrolizer urea tidak maksimal	3.353
<i>HP absorber</i>	R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	3.238
<i>Granulator</i>	R12	Produk yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	3.238
<i>Screen</i>	R15	Terjadi kebuntuan di screen	3.238
<i>Crusher</i>	R14	Crusher mengalami overload kapasitas	3.132
<i>Vertical Submerge Carbamate condenser</i>	R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	2.819
<i>Final Separator</i>	R6	Larutan urea ikut tersedot oleh ejector pada final separator	2.819
<i>Reaktor</i>	R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	2.766
<i>Evaporator</i>	R5	Evaporator gagal menaikkan konsentrasi urea solution hingga 96%	2.449
<i>Washing column</i>	R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	2.449
<i>LP absorber</i>	R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	2.449

#### 4.4.2 Peta Risiko

Berdasarkan perhitungan nilai *severity* dan *occurence* masing-masing risiko, dibuat sebuah peta risiko untuk memetakan risiko ke dalam empat buah

tingkat risiko yaitu *extreme risk*, *high risk*, *moderate risk* dan *low risk*. Tujuan dari pemetaan risiko adalah untuk mengetahui tingkat risiko secara keseluruhan. Berikut pada Gambar 4.8 ditunjukkan peta risiko untuk masing-masing risiko :



Gambar 4. 9 Peta Risiko proses produksi unit urea Kaltim-5

Berikut pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16, diperlihatkan klasifikasi masing-masing risiko sesuai dengan peta risiko yang telah dibuat :

Tabel 4. 15 Klasifikasi risiko berdasarkan peta risiko

Entity	ID	Risk	FRPN	Klasifikasi Risiko
<i>Stripper</i>	R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	3.775	<i>Extreme Risk</i>
<i>HP &amp; LP Decomposer</i>	R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	3.775	<i>Extreme Risk</i>
<i>ID Fan</i>	R16	ID Fan tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	3.775	<i>Extreme Risk</i>

Tabel 4. 16 Klasifikasi risiko berdasarkan peta risiko (2)

Entity	ID	Risk	FRPN	Klasifikasi Risiko
<i>Fluidizing air blower</i>	R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	3.775	<b>Extreme Risk</b>
<i>Dust scrubber</i>	R13	Dust scrubber mengalami kebocoran	3.623	<b>Extreme Risk</b>
<i>Spouting air blower</i>	R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	3.623	<b>Extreme Risk</b>
<i>Process Condensate Stripper</i>	R10	Tidak terjadi stripping pada PCS	3.353	<b>Extreme Risk</b>
<i>Hydrolizer Urea</i>	R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di Hydrolizer urea tidak maksimal	3.353	<b>Extreme Risk</b>
<i>HP absorber</i>	R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	3.238	<b>High Risk</b>
<i>Granulator</i>	R12	Produk yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	3.238	<b>High Risk</b>
<i>Screen</i>	R15	Terjadi kebuntuan di screen	3.238	<b>High Risk</b>
<i>Crusher</i>	R14	Crusher mengalami overload kapasitas	3.132	<b>High Risk</b>
<i>Vertical Submerge Carbamate condenser</i>	R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	2.819	<b>High Risk</b>
Final Separator	R6	Larutan urea ikut tersedot oleh ejector pada final separator	2.819	<b>High Risk</b>
Reaktor	R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	2.766	<b>High Risk</b>
<i>Evaporator</i>	R5	Evaporator gagal menaikkan konsentrasi urea solution hingga 96%	2.449	<b>Moderate Risk</b>
<i>Washing column</i>	R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	2.449	<b>Moderate Risk</b>
<i>LP absorber</i>	R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	2.449	<b>Moderate Risk</b>

#### 4.5 Rekomendasi Mitigasi Risiko

Rencana mitigasi dibuat untuk risiko-risiko yang memiliki nilai FRPN yang tinggi, yang telah diurutkan prioritasnya pada sub-bab 4.4.1 serta berada pada kondisi *extreme risk* sesuai dari hasil klasifikasi peta risiko. Yang mana risiko-risiko ini perlu didahulukan untuk penanganannya.

Berikut adalah rekomendasi mitigasi risiko, untuk masing-masing risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi dan termasuk ke dalam *extreme risk* :

Tabel 4. 17 Rekomendasi mitigasi risiko

ID	Risk	Treatment Risiko			
		Menghindari Risiko	Memindahkan Risiko	Mengurangi dampak Risiko	Menerima Risiko
R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	Ubah setting variabel operasi (temperatur, tekanan, dan rasio molar) sesuai rekomendasi dept. PE		Monitoring variabel temperatur, tekanan dan rasio molar	
R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>			Koordinasi penjadwalan inspeksi dan <i>maintenance</i> dengan dept. istek	
R16	<i>ID Fan</i> tidak dapat menyedot udara dengan maksimal			Operator melakukan monitoring pada kinerja <i>dust scrubber</i>	

Tabel 4. 18 Rekomendasi mitigasi risiko (2)

ID	Risk	Treatment Risiko			
		Menghindari Risiko	Memindahkan Risiko	Mengurangi dampak Risiko	Menerima Risiko
R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal			Operator melakukan monitoring pada kinerja <i>perforated plate</i>	
R13	<i>Dust scrubber</i> mengalami kebocoran			Koordinasi penjadwalan inspeksi dan <i>maintenance</i> dengan dept. istek	
R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara <i>spouting</i> secara maksimal			Operator melakukan monitoring pada kinerja <i>line spouting</i>	
R10	Tidak terjadi stripping pada PCS	Tingkatkan aliran steam stripping jika konsentrasi ammonia melebihi 1 ppm		Monitoring level temperatur dan tekanan	
R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di <i>Hydrolizer urea</i> tidak maksimal	Tingkatkan temperatur jika konsentrasi urea melebihi 1 ppm		Monitoring level temperatur dan tekanan	

## BAB V

### ANALISA DAN INTERPRETASI

Pada bab ini akan dianalisa hasil dari penelitian tugas akhir ini. Di mana akan dilakukan analisa untuk risiko yang telah diidentifikasi, analisa peta risiko dan analisa mitigasi risiko.

#### 5.1 Analisa Risiko

Pada sub-bab ini dilakukan analisa risiko yang telah diidentifikasi sebelumnya. Pada penelitian ini, identifikasi risiko dilakukan dengan melakukan brainstorming dengan pihak expert. Identifikasi risiko dilakukan dengan melakukan identifikasi aktivitas proses produksi apa saja yang ada dilakukan di unit urea Kaltim-5. Dari identifikasi terdapat enam buah proses atau seksi utama dalam proses produksi urea yaitu seksi sintesa, seksi purifikasi, seksi konsentrasi, seksi *recovery*, seksi *process condensate treatment* dan seksi granulasi.

Setelah diidentifikasi proses utamanya, masing-masing proses diidentifikasi lagi untuk mengetahui peralatan-peralatan apa saja yang ada di dalam operasional unit urea Kaltim-5 beserta fungsinya dalam proses produksi di unit urea. Peralatan diidentifikasi karena aktivitas-aktivitas produksi di unit urea lebih banyak berhubungan dengan peralatan. Dari enam buah seksi, terdapat 18 peralatan yang berada di unit urea. Pada seksi sintesa terdapat reaktor, *stripper* dan *vertical submerge carbamate condenser*. Untuk seksi purifikasi terdapat *HP & LP Decomposer*. Untuk seksi konsentrasi, terdapat *evaporator* dan *final separator*. Untuk seksi *recovery*, terdapat *washing column*, HP absorber dan LP absorber. Untuk seksi *process condensate treatment*, terdapat *process condensate stripper*, dan *hydrolizer urea*. Dan untuk seksi granulasi terdapat *granulator*, *dust scrubber*, *crusher*, *screen*, *ID fan*, *Spouting air blower*, dan *Fluidizing air blower*.

Dari proses serta peralatan yang telah diidentifikasi, selanjutnya diidentifikasi risiko-risiko yang melekat pada masing-masing peralatan. Risiko yang diidentifikasi adalah risiko yang dapat menghambat tujuan proses produksi unit urea Kaltim-5 yaitu menghasilkan produk urea. Risiko dilihat dari segi fungsi peralatan, data historis *failure* unit urea pabrik Pupuk Kaltim yang lain, serta berdasarkan pengalaman dari *expert* dalam pengoperasian pabrik Kaltim-5.

Setelah risiko diidentifikasi, masing-masing risiko diidentifikasi *potential effect*, *risk cause*, dan *current control*. *Potential effect* adalah potensi dampak risiko, jika risiko tersebut

terjadi. *Risk cause* adalah penyebab risiko itu dapat terjadi dan *current control* adalah kontrol untuk melihat risiko yang ada saat ini. Salah satu contohnya adalah risiko dengan kode risiko R1, yaitu “Tingkat konversi CO<sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea” yang merupakan risiko dari peralatan reaktor. *Potential effect* dari risiko ini adalah kualitas produksi dari unit urea akan turun. *Risk cause* dari risiko ini adalah Variabel tekanan, temperatur dan rasio molar tidak seimbang dan *current control* dari risiko ini adalah *distributed control system*, yaitu sebuah sistem informasi yang terintegrasi dengan sistem produksi untuk monitoring peralatan-peralatan yang ada di unit urea pabrik Kaltim-5.

Dari 18 risiko, dinilai dan dihitung FRPN, dan didapatkan nilai FRPN tertinggi adalah 3,775 untuk risiko dengan ID risiko R2, R4, R14, dan R16. Selain itu, terdapat 8 risiko yang diklasifikasikan sebagai *extreme risk*. Contoh *extreme risk* adalah risiko Terdapat kebocoran pada *HP & LP Decomposer*. Risiko ini termasuk *extreme risk* dikarenakan potensi dampak dan probabilitas kemungkinan terjadinya risiko ini tinggi. Penyebab utama dari risiko ini adalah korosi. Korosi sendiri dapat diakibatkan pengaturan operasi temperatur *HP&LP Decomposer* yang tinggi, di mana tingginya temperatur dapat mempercepat dekomposisi karbamat namun dapat mempercepat terjadinya korosi pada tube. Jika risiko ini terjadi, maka perlu dilakukan shutdown agar tidak mengganggu kinerja seksi selanjutnya atau kemungkinan kerusakan yang lebih meluas ke seluruh pabrik. Selain itu perlu dilakukan maintenance untuk perbaikan kondisi tube.

Dari 8 risiko yang tergolong *extreme risk*, terdapat empat risiko yang berasal dari seksi granulasi yaitu risiko pada *ID Fan*, *spouting air blower*, *fluidizing air blower* dan *dust scrubber*. Hal ini menunjukkan bahwa seksi granulasi adalah seksi yang paling berisiko untuk mengganggu jalannya operasional proses produksi di unit urea Kaltim-5. Menurut hasil *brainstorming* dengan pihak expert, untuk kondisi saat ini, seksi granulasi sering mengalami gangguan dikarenakan beberapa peralatan yang tidak berjalan dengan baik. Dan akan dilakukan beberapa pergantian part peralatan untuk seksi granulasi.

## **5.2 Analisa Peta Risiko**

Pada sub-bab ini dilakukan analisa peta risiko yang telah dibuat pada sub-bab 4.4.2. Peta risiko mengklasifikasikan risiko ke dalam empat tingkat risiko yaitu *extreme risk*, *high risk*, *moderate risk* dan *low risk*. Pemetaan dilakukan dengan cara melihat nilai *severity* dan *occurence*



masing-masing risiko. Nilai *severity* dan *occurrence* didapatkan dari kuisioner yang diberikan pada kepala bagian urea pabrik Kaltim-5.

<b>Occurrence</b>			<b>Severity</b>				
			<i>Insignificant</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>	<i>Catastrophic</i>
<i>A</i>	<i>Very High</i>	5					
<i>B</i>	<i>High</i>	4			<i>R8, R12, R15</i>	<i>R2, R4, R13, R16, R17, R18</i>	
<i>C</i>	<i>Medium</i>	3			<i>R1, R3, R6</i>	<i>R10, R11</i>	
<i>D</i>	<i>Low</i>	2			<i>R5, R7, R9</i>	<i>R14</i>	
<i>E</i>	<i>Very Low</i>	1					

1
  2
  3
  4
  5

*Low Risk*
*Moderate risk*
*High risk*
*Extreme risk*

Gambar 5. 1 Peta risiko proses produksi unit urea Kaltim-5

Dapat dilihat peta risiko Gambar 5.1 di mana dari delapan belas risiko, terdapat delapan risiko yang termasuk *extreme risk* yaitu risiko dengan ID risiko R2, R4, R6, R10, R11, R13, R16, R17 dan R18. tujuh risiko termasuk *high risk* yaitu R1, R3, R6, R8, R12, R12, R14, R15 dan tiga risiko yang termasuk *moderate risk* yaitu R5, R7, dan R9. Dari hasil pemetaan risiko tidak terdapat risiko yang termasuk *low risk*. Berdasarkan hal tersebut, dapat dilihat bahwa, secara umum proses produksi unit urea Kaltim-5 memiliki risiko yang tinggi. Hal ini dikarenakan proses yang ada di unit urea banyak berkaitan dengan reaksi-reaksi kimia yang rumit dan variabel peralatan yang sensitif sehingga risiko yang terdapat pada proses produksi unit urea Kaltim-5 juga tinggi. Selain itu, secara umum, porsi kinerja mesin lebih banyak daripada kinerja operator. Di mana operator hanya melakukan kontrol. Sehingga untuk kinerja keseluruhan, tergantung dari reabilitas mesin.

### 5.3 Analisa Rekomendasi Mitigasi Risiko

Mitigasi risiko diberikan untuk risiko yang memiliki nilai RPN tinggi dan termasuk ke dalam *extreme risk*. Di mana risiko-risiko ini perlu didahulukan karena dampak jika risiko ini terjadi cukup besar dengan probabilitas risiko ini terjadi cukup tinggi. Mitigasi risiko yang dibuat, adalah rekomendasi mitigasi risiko yang dapat menjadi saran untuk perusahaan.

Dari 8 risiko yang diklasifikasikan sebagai *extreme risk*, terdapat 11 rekomendasi mitigasi risiko. Dari 8 rekomendasi risiko, mitigasi risiko terdapat 8 cara dengan mengurangi dampak risiko dan 3 cara dengan menghindari risiko. Mitigasi risiko dengan mengurangi dampak risiko secara umum dilakukan dengan cara monitoring level dari beberapa variabel penting dalam pengoperasian mesin seperti temperatur dan tekanan. Di mana level dari temperatur dan tekanan tidak boleh melebihi atau kurang dari SOP yang telah ditetapkan. Jika melebihi atau kurang, akan terjadi hambatan pada peralatan tersebut dan perlu diambil tindakan *corrective*. Selain itu juga dapat dilakukan juga monitoring kinerja dan inspeksi langsung beberapa mesin yang berkaitan, seperti pada seksi granulasi. Contohnya pada R16, di mana *ID Fan* bekerja tidak maksimal dikarenakan terhambatnya kinerja dari *dust scrubber*. Sehingga operator harus melakukan monitoring kinerja dari *dust scrubber*. Jika terdapat gangguan pada *dust scrubber*, maka operator dapat mengambil tindakan cepat agar tidak menghambat kinerja *ID Fan* dan unit Urea Kaltim-5 secara keseluruhan. Untuk mengurangi risiko, contohnya adalah pada ID risiko R2, di mana untuk menghindari risiko terjadinya pembentukan biuret, perlu diubah setting variabel operasi sesuai rekomendasi dept. PE. Perubahan ini dilakukan saat pergantian shift atau pergantian hari sesuai dengan analisa dept. PE pada kinerja peralatan sebelumnya. Contoh lain adalah pada risiko R10, yaitu tidak terjadi striping pada PCS. Di mana untuk menghindari risiko tersebut, jika indikator menunjukkan konsentrasi ammonia melebihi 1 ppm, maka tingkatkan aliran steam stripping sebelum PCS tidak dapat melakukan stripping.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## Lampiran 1

Pada bagian ini, Bapak/Ibu dimohon untuk mengisi data pribadi seperti Nama, jabatan, dan lama bekerja. Pengisian dapat dilakukan dengan mengisi bagian yang kosong.

Nama :  
Jabatan :  
Lama bekerja : Tahun

### Kuesioner Penelitian

Pada bagian II, Bapak/ Ibu diharapkan untuk mengisi bagian kosong pada kuesioner ini dengan memberikan ranking penilaian berupa skala bilangan (1-5) untuk kolom *severity*, *occurance* dan *detection* pada tiap-tiap risiko yang dirasakan atau dinilai paling sesuai dengan kondisi nyata atau persepsi Bapak/ Ibu, bukan kondisi yang bapak/ ibu harapkan. Dan nantinya dari hasil penilaian akan dikonversikan ke bilangan *fuzzy*.

#### a. *Severity*

*Severity* menurut ISO 31010 adalah konsekuensi jika *failure* terjadi. Berikut adalah skala nilai untuk *severity* yang digunakan untuk kuisisioner ini :

Rating	Kriteria	Severity Effect
5	Extrem	Pabrik shutdown dengan kerusakan yang memerlukan perbaikan lebih dari 5 hari
4	Berat	Pabrik shutdown dengan kerusakan yang harus diperbaiki sampai dengan 5 hari
3	Sedang	Pabrik beroperasi tidak normal dan perlu perbaikan dengan menurunkan rate produksi turun

Rating	Kriteria	Severity Effect
2	Ringan	Pabrik beroperasi normal dengan gangguan yang menyebabkan perbaikan di tempat
1	Sangat ringan	Pabrik beroperasi normal dengan kondisi gangguan tidak berarti

*b. Occurence*

*Occurence* menurut ISO 31010 adalah probabilitas atau frekuensi terjadinya *failure*. Berikut adalah skala nilai *occurence* yang digunakan untuk kuisisioner ini :

Rating	Kriteria	Probabilitas kejadian
5	Sangat besar	Hampir pasti terjadi
4	Besar	Besar kemungkinan terjadi
3	Sedang	Dapat terjadi, dapat juga tidak. 50:50
2	Kecil	Kemungkinan kecil terjadi
1	Sangat Kecil	Hampir tidak mungkin terjadi

c. Detection

*Detection* menurut ISO 31010 adalah probabilitas *failure* dapat dideteksi sebelum dampak dari efek terjadi. Berikut adalah skala nilai *Detection* yang digunakan untuk kuisisioner ini :

Rating	Kriteria	Kemampuan deteksi oleh alat pengontrol
5	Hampir tidak pasti	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
4	Rendah	Rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
3	Sedang	Sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
2	Tinggi	Tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.
1	Hampir pasti	Hampir pasti kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya.

Berikut adalah contoh pengisian kuisisioner :

Process	Entity	ID	Risk	Potential Effect	Sev	Risk Causes	Occ	Current Control	Det
<b>Seksi Purifikasi</b>	HP & LP Decomposer	R4	Gagal memisahkan ammonia dan CO2	Rate produksi urea turun, diperlukan maintenance	5	Tube bocor	3	Distributed control system	3

Penjelasan :

Pada contoh ini, risiko HP & LP Decomposer yaitu gagal memisahkan ammonia dan CO2 tingkat Severity-nya dinilai dengan angka 5. Risiko ini dampaknya dapat membuat pabrik shutdown dan diperlukan maintenance selama lebih dari 5 hari. Lalu nilai occurrence dinilai dengan angka 3. Kemungkinan risiko ini terjadi 50:50. Lalu nilai detection dinilai pada angka 3 yang berarti kemampuan alat pendeteksi untuk mendeteksi risiko pada level sedang.

### KUISIONER RISIKO

Process	Entity	ID	Risk	Potential Effect	Sev	Risk Causes	Occ	Current Control	Det
Seksi Sintesa	Reaktor	R 1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	Rate produksi urea turun		Variabel tekanan, temperatur dan rasio molar tidak seimbang		Distributed control system	
	Stripper	R 2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	Kualitas produk urea menurun		Waktu tinggal meningkat akibat level larutan terlalu tinggi		Distributed control system	
	Vertical Submerge Carbamate condenser	R 3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	rate produksi urea turun		Kesalahan setting variabel tekanan dan temperatur		Distributed control system	
Seksi Purifikasi	HP & LP Decomposer	R 4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	<i>Shutdown</i> , diperlukan maintenance		Korosi pada salah satu tube		Distributed control system	
Seksi Konsentrasi	Evaporator	R 5	Evaporator gagal menaikkan konsentrasi urea solution hingga 96%	Kinerja granul menurun		Kondisi vakum dan temperatur evaporasi tidak sesuai standar		Distributed control system	
	Final Separator	R 6	Larutan urea ikut tersedot oleh ejector	Beban proses PCT naik		Level final separator lebih dari 100%		Distributed control system	



Process	Entity	ID	Risk	Potential Effect	Sev	Risk Causes	Occ	Current Control	Det
Seksi Recovery	Washing column	R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	Pembentukan kerak yang menghambat aliran		Urea akan mengkristal pada temperatur 132,6oC dan pada temperatur lebih dari 140oC, pembentukan biuret akan tinggi		Distributed control system	
	HP absorber	R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	Konsentrasi carbamate pekat		Kristalisasi carbamate di absorber		Distributed control system	
	LP absorber	R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	Rate produksi urea turun		Temperatur cooling water sebagai pendingin terlalu tinggi		Distributed control system	
Seksi Process Condensate Treatment	Process Condensate Stripper	R10	Tidak terjadi stripping	Produk tidak dikirim utility	PCT dapat ke	Tray ada yang lepas		Distributed control system	
	Hydrolizer Urea	R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO2 tidak maksimal	Produk tidak dikirim utility	PCT dapat ke	Temperatur terlalu rendah		Distributed control system	

Process	Entity	ID	Risk	Potential Effect	Sev	Risk Causes	Occ	Current Control	Det
Seksi Granulasi	Granulator	R12	Produk yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	Rate produksi urea turun		Terbentuk lump yang continue		Distributed control system	
	Dust scrubber	R13	Dust scrubber bocor	Level dust scrubber pit turun		Lantai/dinding dust scrubber leak melalui welding		Distributed control system	

	Crusher	R14	Crusher overload	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul		ukuran feed urea yang masuk terlalu besar		Pendeteksian via aktivitas inspeksi	
	Screen	R15	Terjadi kebuntuan di screen	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul		kapasitas screen overload		Distibuted control system	
	ID Fan	R16	Tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul		Terjadi hambatan di dust scrubber		Distibuted control system	
	Spouting air blower	R17	Tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul		Terjadi kebuntuan di line spouting		Distibuted control system	
	Fluidizing air blower	R18	Tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	Rate produksi urea turun dan shutdown di granul		Terjadi kebuntuan di perforated plate		Distibuted control system	

Terima kasih atas kesediaannya mengisi kuisisioner ini. Semoga dapat bermanfaat untuk perusahaan dan penelitian ini ke depan.

## Lampiran 2

Hasil kuisioner

ID	Risk	Severity	Occurrence	Detection
R1	Tingkat konversi CO <sub>2</sub> pada reaktor menjadi karbamat tidak mencapai 63% konsentrasi urea	3	3	2
R2	Terjadi pembentukan biuret berlebih pada proses stripping pada stripper	4	4	1
R3	Vapor yang tidak terkondensasi ke area scrubbing meningkat	3	3	1
R4	Terdapat kebocoran pada <i>HP &amp; LP Decomposer</i>	4	4	1
R5	<i>Evaporator</i> gagal menaikkan konsentrasi <i>urea solution</i> hingga 96%	3	2	2
R6	Larutan urea ikut tersedot oleh <i>ejector</i> pada final separator	3	3	1
R7	Terbentuk padatan di <i>line carbamate solution</i> pada <i>washing column</i>	3	2	2
R8	Absorpsi di <i>HP Absorber</i> tidak mencukupi untuk dikirim ke unit sintesa	3	4	2
R9	Absorpsi <i>LP Absorber</i> tidak mencukupi untuk menjadi lean carbamate	3	2	2
R10	Tidak terjadi stripping pada PCS	4	3	1
R11	Pemecahan urea menjadi ammonia dan CO <sub>2</sub> di <i>Hydrolizer urea</i> tidak maksimal	4	3	1
R12	Produk granul yang dihasilkan di luar standar spesifikasi	3	4	2
R13	<i>Dust scrubber</i> mengalami kebocoran	4	4	2
R14	<i>Crusher</i> mengalami overload kapasitas	4	2	1
R15	Terjadi kebuntuan di <i>screen</i>	3	4	2
R16	<i>ID Fan</i> tidak dapat menyedot udara dengan maksimal	4	4	1
R17	<i>Spouting air blower</i> tidak dapat menyuplai udara spouting secara maksimal	4	4	2
R18	<i>Fluidizing air blower</i> tidak dapat menyuplai udara fluidisasi secara maksimal	4	4	1

### Lampiran 3

Perhitungan bobot kepentingan severity, occurence dan detection

ID	S			WS	O			WO	D			WD
R1	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R2	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R3	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R4	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R5	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R6	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R7	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R8	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R9	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R10	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R11	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R12	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R13	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R14	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R15	0.25	0.5	0.75	<b>0.5</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R16	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>
R17	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0.25	0.5	<b>0.25</b>
R18	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0.5	0.75	1	<b>0.75</b>	0	0	0.25	<b>0.083</b>

## Lampiran 4

### Perhitungan FRPN

ID	Rs	Ro	Rd	Ws	Wo	Wd	S	O	D	FRPN
R1	3	3	2	0.5	0.5	0.25	1.552	1.552	1.149	<b>2.766</b>
R2	4	4	1.33	0.75	0.75	0.083	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>
R3	3	3	1.33	0.5	0.5	0.083	1.660	1.660	1.022	<b>2.819</b>
R4	4	4	1.33	0.75	0.75	0.083	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>
R5	3	2	2	0.5	0.25	0.25	1.732	1.189	1.189	<b>2.449</b>
R6	3	3	1.33	0.5	0.5	0.083	1.660	1.660	1.022	<b>2.819</b>
R7	3	2	2	0.5	0.25	0.25	1.732	1.189	1.189	<b>2.449</b>
R8	3	4	2	0.5	0.75	0.25	1.442	2.000	1.122	<b>3.238</b>
R9	3	2	2	0.5	0.25	0.25	1.732	1.189	1.189	<b>2.449</b>
R10	4	3	1.33	0.75	0.5	0.083	2.181	1.510	1.018	<b>3.353</b>
R11	4	3	1.33	0.75	0.5	0.083	2.181	1.510	1.018	<b>3.353</b>
R12	3	4	2	0.5	0.75	0.25	1.442	2.000	1.122	<b>3.238</b>
R13	4	4	2	0.75	0.75	0.25	1.811	1.811	1.104	<b>3.623</b>
R14	4	2	1.33	0.75	0.25	0.083	2.611	1.173	1.022	<b>3.132</b>
R15	3	4	2	0.5	0.75	0.25	1.442	2.000	1.122	<b>3.238</b>
R16	4	4	1.33	0.75	0.75	0.083	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>
R17	4	4	2	0.75	0.75	0.25	1.811	1.811	1.104	<b>3.623</b>
R18	4	4	1.33	0.75	0.75	0.083	1.928	1.928	1.015	<b>3.775</b>

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian ini dan saran untuk penelitian selanjutnya serta untuk perusahaan.

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan melakukan *brainstorming* dengan pihak *expert* di PT Pupuk Kaltim, diidentifikasi seksi atau proses yang berada di unit urea Kaltim-5. Dari masing-masing seksi diidentifikasi peralatan yang berada di seksi tersebut dan diidentifikasi risiko yang dapat mengganggu jalannya operasional pada unit urea Kaltim-5. Dari hasil identifikasi terdapat 18 risiko yang berasal dari 6 buah proses atau seksi utama, dan juga berasal dari 18 peralatan yang berada di unit urea Kaltim-5.
2. Analisa risiko yang telah diidentifikasi dianalisa dengan menggunakan metode Fuzzy-FMEA. Di mana untuk langkah awal dari penelitian, untuk masing-masing risiko dianalisa *potensial effect*, *risk cause* dan *current control*-nya. *Potential effect* adalah potensi dampak risiko, jika risiko tersebut terjadi. *Risk cause* adalah penyebab risiko itu dapat terjadi dan *current control* adalah kontrol untuk melihat risiko yang ada saat ini. Setelah itu dilakukan penilaian *severity*, *occurence* dan *detection*. Setelah itu nilai *severity*, *occurence* dan *detection* diagregasikan menjadi bilangan fuzzy. *Fuzzy logic* digunakan untuk mengurangi subjektivitas dari penilai. Serta memberikan bobot untuk masing-masing faktor. Setelah itu dilakukan pembuatan *fuzzy risk priority number* untuk melihat prioritas risiko. Setelah itu juga dibuat peta risiko untuk mengklasifikasikan risiko-risiko ke dalam *extreme risk*, *high risk*, *moderate risk* dan *low risk*. Di mana dari 18 risiko, terdapat 8 risiko yang termasuk *extreme risk*, 7 risiko yang termasuk *high risk* dan 3 risiko yang termasuk *moderate risk*. Dari hasil pemetaan risiko tidak terdapat risiko yang termasuk *low risk*.
3. Mitigasi risiko diberikan untuk risiko yang memiliki nilai RPN tinggi dan termasuk ke dalam *extreme risk*. Di mana risiko-risiko ini perlu didahulukan karena dampak jika risiko ini terjadi cukup besar dengan probabilitas risiko ini terjadi cukup tinggi. Dari 8 risiko yang diklasifikasikan sebagai *extreme risk*, terdapat 11 rekomendasi mitigasi risiko. Dari 11

rekomendasi mitigasi risiko terdapat 8 cara dengan mengurangi risiko dan 3 cara dengan menghindari risiko. Rekomendasi mitigasi risiko dengan cara mengurangi dampak risiko antara lain monitor level temperatur dan tekanan untuk ID risiko R2, R10, dan risiko R11, Koordinasi penjadwalan inspeksi dan *maintenance* dengan dept. istek untuk R4 dan R13, operator melakukan monitoring kinerja *perforated plate*, *line spouting* dan *dust scrubber* untuk R18, R17 dan R16. Untuk rekomendasi mitigasi risiko dengan menghindari risiko antara lain, Ubah setting variabel operasi (temperatur, tekanan, dan rasio molar) sesuai rekomendasi dept. PE pada risiko R2, tingkatkan aliran steam stripping jika konsentrasi ammonia melebihi 1 ppm untuk R10 dan tingkatkan temperatur jika konsentrasi urea melebihi 1 ppm untuk R11.

## **6.2 Saran**

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya dan untuk perusahaan.

Berikut adalah saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya :

1. Melakukan identifikasi dan analisa risiko untuk operasional pabrik Kaltim-5 secara keseluruhan dengan melibatkan faktor sumber daya manusia.
2. Melakukan analisa risiko dengan memperhatikan biaya.

Berikut adalah saran yang dapat diberikan untuk PT Pupuk Kaltim :

1. Dalam melakukan identifikasi risiko, perlu diperhatikan risiko-risiko pada masing-masing aspek proses bisnis atau aktivitas.
2. Memberikan tambahan wawasan mengenai manajemen risiko untuk karyawan.
3. Memberikan workshop untuk operator, untuk meningkatkan pemahaman pengoperasian pabrik yang baru.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, M. 2010. Mahkamah Agung.
- Anityasari, M. & Wessiani, N. A. 2011. *Analisa Kelayakan Usaha*, Surabaya, Guna Widya.
- Basjir, M., Supriyanto, H. & Suef, M. 2011. *Pengembangan Model Penentuan Prioritas Perbaikan Terhadap Mode Kegagalan Komponen Dengan Metodologi FMEA, Fuzzy dan TOPSIS Yang Terintegrasi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Chapman, R. J. 2011. *Simple Tools and Techniques for Enterprise Risk Management*, United kingdom, Wiley.
- Djohanputro, B. 2008. *Manajemen Risiko Korporat*, Jakarta, PPM.
- Haifani, A. M. 2006. Manajemen Risiko Berencana Gempa Bumi (Studi Kasus Gempa Bumi Yogyakarta 27 Mei 2006). *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: .
- Hasan, M. 2010. *Pemetaan Profil Risiko Proses Bisnis Revenue Cycle dengan Pendekatan AS/NZS 4360 (Studi Kasus: Base Maintenance PT. GMF Aero Asia)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ISO 2009a. ISO 31000 : Risk management - Principles and guidelines. Switzerland: ISO.
- ISO 2009b. ISO 31010 : Risk management — Risk assessment techniques. *ISO 31010*. Switzerland: ISO.
- Kurniawan, I. 2013. *Analisis risiko kerusakan peralatan dengan probabilistik FMEA pada industri minyak dan gas*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*, Yogyakarta, Graha Ilmu.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J. & BEAUREGARD, M. R. 2008. *The Basics Of FMEA*, New York, Taylor & Francis Group.
- PT Pupuk Kaltim (2014), *Annual Report PT Pupuk Kalimantan Timur Tbk Tahun 2014*, Pupuk Kaltim, Bontang.
- Ramadhan, A. R. 2013. *Analisis Risiko Downtime dan Opportunity Loss Operasional Industri Eksplorasi Gas Dengan Metode Simulasi Monte Carlo (studi kasus : PT Pertamina Hulu Energi- West Madura OFFSHORE)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sarwoko, S. O. 2015. *Perancangan Manajemen Risiko Dengan Menggunakan Metode FUZZY FMEA Pada Departemen Produksi PT. CHAROEN POKPHAND TBK – PAKAN TERNAK KRIAN, SIDOARJO*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wang, Y. M., Chin, K.-S., K.K.P, G. & YANG, J.-B. 2009. Risk Evaluation in Failure Mode and Effects Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean. *Expert Systems with Applications*.
- Yeh, R. H. & Hsieh, M. H. 2007. Fuzzy Assesment of FMEA for Sewage Plant. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 24.

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BIODATA PENULIS



Dedy Utama adalah mahasiswa Teknik Industri ITS angkatan 2011. Penulis lahir di Bontang, 30 Juni 1993. Penulis menjalani pendidikan formal dari TK sampai dengan SMA di Yayasan Pupuk Kaltim dan menjalani S1 di Teknik Industri ITS. Selama perkuliahan penulis pernah aktif di organisasi, yaitu HMTI di departemen Sosial Masyarakat. Serta pernah menjabat manajer Voli TI ITS. Penulis pernah mengikuti Gerigi, LKMM Pra-TD PKM GT, dan lain-lain untuk pengembangan wawasan dan *leadership*. Penulis memiliki minat di bidang manajemen khususnya risiko dan keuangan. Di luar kampus, penulis memiliki minat di bidang olahraga dan bisnis, khususnya kuliner dan jual beli berbagai macam barang. Penulis dapat dihubungi melalui email [utamadedy@gmail.com](mailto:utamadedy@gmail.com).